

## PROCESO DE DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICACIÓN PARA OPERACIONES EN PARADA

<b>Colaboradores</b>		
<b>Propietario/a</b>	Francisco Olivar Domínguez	27.01.10
<b>Calidad Interna</b>	Javier Alonso Pascual	27.01.10
<b>Subdirector/a o Jefe/a de Oficina</b>	Rafael Cid Campo	27.01.10
<b>El/La Director/a Técnico/a</b>	Isabel Mellado Jiménez	28.01.10

### 1. OBJETO Y ALCANCE

El objeto de este procedimiento es definir la sistemática a seguir, por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en la estimación para la significación que para el riesgo tienen las operaciones en parada, dentro del Plan Base de Inspección del Sistema Integrado de Supervisión de centrales nucleares en operación (SISC).

Este procedimiento se aplica en la categorización de cualquier hallazgo derivado de las actividades de inspección, que pueda afectar a la capacidad de mitigación de un accidente en parada.

Las listas de comprobación, hojas de trabajo, árboles de sucesos y valores establecidos en este procedimiento son genéricos para reactores tipo PWR y tipo BWR, y por ello, deben ser interpretados para cada central.

### 2. DEFINICIONES

Con carácter general, las que se definen en el PG.IV.03.

Complementariamente también aplican las siguientes definiciones:

**Disponibilidad:** un equipo, sistema o componente se considera disponible si se cumplen todas y cada una de las siguientes condiciones: (1) puede ponerse en servicio en la mitad del tiempo que necesita para realizar su función, (2) existen procedimientos u órdenes permanentes para usarlo de forma que cumple su función, (3) todos los sistemas soporte están disponibles, y (4) el grupo de operación ha sido formado para utilizarlo en la situación dada.

**Estado de operación de la planta:** cada una de las diferentes configuraciones de planta en parada.

**Fases de determinación de la significación para el riesgo:**

- **Fase 1.- Caracterización y clasificación inicial de los hallazgos:** caracterización y cribado inicial de aquellos hallazgos con una significación muy baja para el riesgo que se van a incluir en el programa de acciones correctivas del Titular
- **Fase 2.- Estimación y justificación de la significación para el riesgo:** estimación preliminar de la significación para el riesgo de los hallazgos y desarrollo de las bases para la justificación de los que no se descartaron durante el cribado de la Fase 1.
- **Fase 3.- Justificación y resultado final de la significación para el riesgo:** revisión y ajuste, según sea necesario, de los resultados de la estimación de la significación para el riesgo de la Fase 2, o desarrollo de cualquier análisis de riesgo, que se encuentre fuera del alcance de esta guía, constituye un análisis de Fase 3 donde se utilizarán técnicas apropiadas de Análisis Probabilista de Seguridad (APS) y se apoyarán en la experiencia de los analistas de riesgos del CSN.

**Función de seguridad:** función que se lleva a cabo mediante actuaciones encaminadas a evitar el daño al combustible, prevenir el fallo de la contención o minimizar las liberaciones radiactivas.

**Medio lazo:** según la GL 88-17 existe una condición de medio lazo cuando el nivel de agua en el Sistema de Refrigerante del Reactor (SRR) está por debajo de la máxima cota de las toberas de salida de la vasija a las ramas calientes.

**Operabilidad:** capacidad de un equipo, sistema o componente para realizar su(s) función(es) de seguridad específica(s), con todos los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento cumplidos.

**Planes de contingencia:** Procedimiento o control administrativo generado para definir las acciones que se deben desarrollar para mantener el concepto de defensa en profundidad, cuando se prevé que algunas de las barreras que preservan este concepto se pueden perder o cuando de forma imprevista se pierden durante una parada.

### 3. NORMATIVA

La que se describe en el PG.IV.03.

### 4. RESPONSABILIDADES

En el procedimiento PG.IV.03 se establecen con carácter general las responsabilidades relativas a este procedimiento.

En particular, las responsabilidades del personal directamente implicado en la categorización de los hallazgos derivados de las inspecciones a las que alcanza este procedimiento son las siguientes:

- **Inspector responsable del hallazgo**

Realizar la categorización prevista en este procedimiento en sus Fase 1 y 2, en este último caso con la ayuda de los especialistas de APS, si fuera necesario.

- **Personal de la Sede del CSN**

Apoyar en la categorización prevista en este procedimiento en su Fase 2, si fuera necesario, y realizar la categorización prevista en su Fase 3. La Unidad responsable de la realización de esta categorización es el Área de Análisis Probabilista de Seguridad y Factores Humanos (APFU) de la Subdirección General de Tecnología Nuclear (STN).

## 5. DESCRIPCIÓN

### 5.1 BASES

En situaciones de parada es necesario evaluar el riesgo de cualquier hallazgo debido a la indisponibilidad de equipos, sistemas y componentes por razones de mantenimiento o pruebas, así como a las distintas configuraciones posibles que pueden presentarse.

Por ello, como consecuencia de la emisión para comentarios de la SECY 97-168 se evaluó con técnicas APS los beneficios de la regla propuesta. Se analizaron tres casos de operación en parada, tanto en reactores tipo PWR como BWR: un caso base (en donde se tenía en cuenta el nivel de protección en parada proporcionado de forma estricta por la normativa aplicable), un caso voluntario (en donde se tenía en cuenta el nivel de protección dado por el NUMARC 91-06 y la GL 88-17) y un caso reglamentario (en donde se tenía en cuenta los requisitos de la regla propuesta, SECY 97-168).

Como consecuencia de dichos análisis se puso de manifiesto que en el caso base la frecuencia de daño al núcleo era del orden de  $1E-2$ /reactor-año y de  $1E-3$ /reactor año, para reactores tipo PWR y BWR respectivamente, mientras que en el caso voluntario, las frecuencia estimadas eran similares al caso reglamentario, siendo del orden de  $8E-5$ /reactor-año a  $2E-6$ /reactor-año en reactores tipo PWR, y del orden de  $1E-5$ /reactor-año a  $6E-4$ /reactor-año en reactores BWR.

Dichos resultados pusieron de manifiesto que con la regla propuesta no se conseguía una importante reducción de riesgo en aquellas centrales donde se aplicaban las recomendaciones dadas en el NUMARC 91-06 y la GL 88-17. Por todo ello, dicha regla no fue publicada pero la NRC indicó que “espera que el personal siga supervisando el funcionamiento de los propietarios en el área de las operaciones en parada a través de las inspecciones y de otros medios, para asegurar que se mantiene el actual nivel de seguridad”.

Por ello, este procedimiento debe ser utilizado por los inspectores del CSN para valorar sus hallazgos en parada, una vez que el sistema de evacuación de calor residual está en servicio. Aquellos hallazgos en parada por encima de las condiciones para la puesta en servicio del sistema de evacuación de calor residual deben ser evaluados por el *Significance Determination Process* (SDP, Proceso de Determinación de la Significación) de operación a potencia, teniendo en cuenta: (1) el calor de desintegración es menor comparado con el de plena potencia, lo que potencialmente permite más tiempo para una posible recuperación por parte del Grupo de Operación, (2) algunos sistemas de mitigación pueden requerir su puesta en servicio de forma manual y no automática, y (3) puede no

ser necesario que algunos sistemas de contención estén operativos, lo que aumenta potencialmente la probabilidad de fallo de la contención.

La clasificación de los hallazgos de parada según su posible significación para el riesgo puede dar como resultado que: (1) el hallazgo pueda clasificarse como de muy poca significación para el riesgo (Verde) o (2) el hallazgo requiera una evaluación cuantitativa (Fase 2 ó Fase 3) para determinar si es potencialmente significativo para el riesgo (Figura 1).

Así, para determinar si un hallazgo de parada necesita una evaluación cuantitativa, el inspector debe revisar (1) las listas de comprobación de la Fase 1 para asegurar que el Titular está manteniendo una capacidad de mitigación adecuada y (2) si se produce un suceso que podría caracterizarse como pérdida de control (Tabla 1).

## 5.2 VALORACIÓN DE LOS HALLAZGOS

### 5.2.1 Fase 1: Lista de comprobación de las operaciones en parada

Para la categorización de los hallazgos en parada, objeto de este procedimiento, se han establecido unas listas de comprobación, para cada uno de los modos/estados de operación de la planta, que analizan, de forma cualitativa, la capacidad de mitigación que se espera mantenga el Titular durante la parada.

A través de estas listas de comprobación se analiza la operabilidad/disponibilidad de una serie de elementos (instrumentación, equipos, políticas y procedimientos) necesarios para vigilar el cumplimiento y defensa en profundidad de las cinco funciones de seguridad identificadas en el NUMARC 91-06, y, por tanto, la capacidad de mitigación de las diversas actividades que se pueden dar en una parada.

En el Anexo I se incluyen las distintas listas de comprobación, clasificadas en función de tipo de reactor (PWR o BWR) y del modo/estado de operación de la planta durante la parada.

Cualquier hallazgo que cumpla con estas listas se clasifica como “Verde”, en caso contrario, dicho hallazgo pasa a ser evaluado en Fase 2.

Estas listas están pensadas para reactores PWR tipo Westinghouse y para reactores BWR tipo Mark III. Por tanto en las centrales C.N. Trillo y C.N. Santa María de Garoña, los inspectores deberán evaluar, utilizando criterios similares a los recogidos en estas listas, la disponibilidad u operabilidad de los elementos (instrumentación, equipos/sistemas, políticas y procedimientos) necesarios para comprobar el cumplimiento de las cinco funciones de seguridad identificadas en el documento NUMARC 91-06 y evaluar la capacidad de mitigación que se espera mantenga el Titular en parada

En la redacción de las listas de comprobación de esta Fase 1 se ha tenido en cuenta que ciertas configuraciones presenta un mayor riesgo que otras. Por ello, los requisitos de cada una de las funciones de seguridad analizadas varían según el estado operacional de la planta. Así en los APS utilizados como base para en análisis del riesgo en parada en reactores PWR se ha identificado un aumento del riesgo cuando se produce la pérdida de integridad del SRR y los generadores de vapor no pueden utilizarse para la evacuación de calor de desintegración. Un segundo aumento del riesgo se produce cuando se alcanzan las condiciones de medio lazo, en donde aumenta la probabilidad de una pérdida de evacuación de calor residual por un mal control en el nivel del SRR o del caudal en el sistema de evacuación de calor residual. De la misma forma, en reactores BWR se ha identificado un

aumento del riesgo en Parada Fría, al permitir las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, en este modo de operación, la inoperabilidad de más equipos, y que las *Safety Relief Valve* (SRV, Válvulas de Alivio y Seguridad) necesarias para poder establecer una evacuación del calor de desintegración y control de la presión alternativo no estén operativas si se pierde el sistema de evacuación de calor residual.

### 5.2.2 Fase 2: Categorización de los hallazgos

La finalidad de esta fase es deducir un valor de incremento de la probabilidad acumulada de daño al núcleo debido a un hallazgo de inspección. Esta aproximación debe ser conservadora y envolvente, de manera que si se categoriza un hallazgo dado como de “muy baja significación” y, por tanto, se le asigna un color verde, se tenga la certeza de que el incremento de probabilidad de daño al núcleo es inferior a  $1E-6$ .

En caso de que en esta Fase 2 se obtenga un valor superior (colores blanco, amarillo o rojo) se requiere un análisis más refinado, dentro de lo que se llama Fase 3.

## 6. REGISTROS

El proceso seguido durante la ejecución de este procedimiento deberá quedar reflejado en algún documento oficial del CSN (Nota Interior, Nota de Evaluación Técnica, etc...)

Este documento será la base para la categorización del hallazgo que realizará el Comité de Categorización de Hallazgos (CCH).

## 7. REFERENCIAS

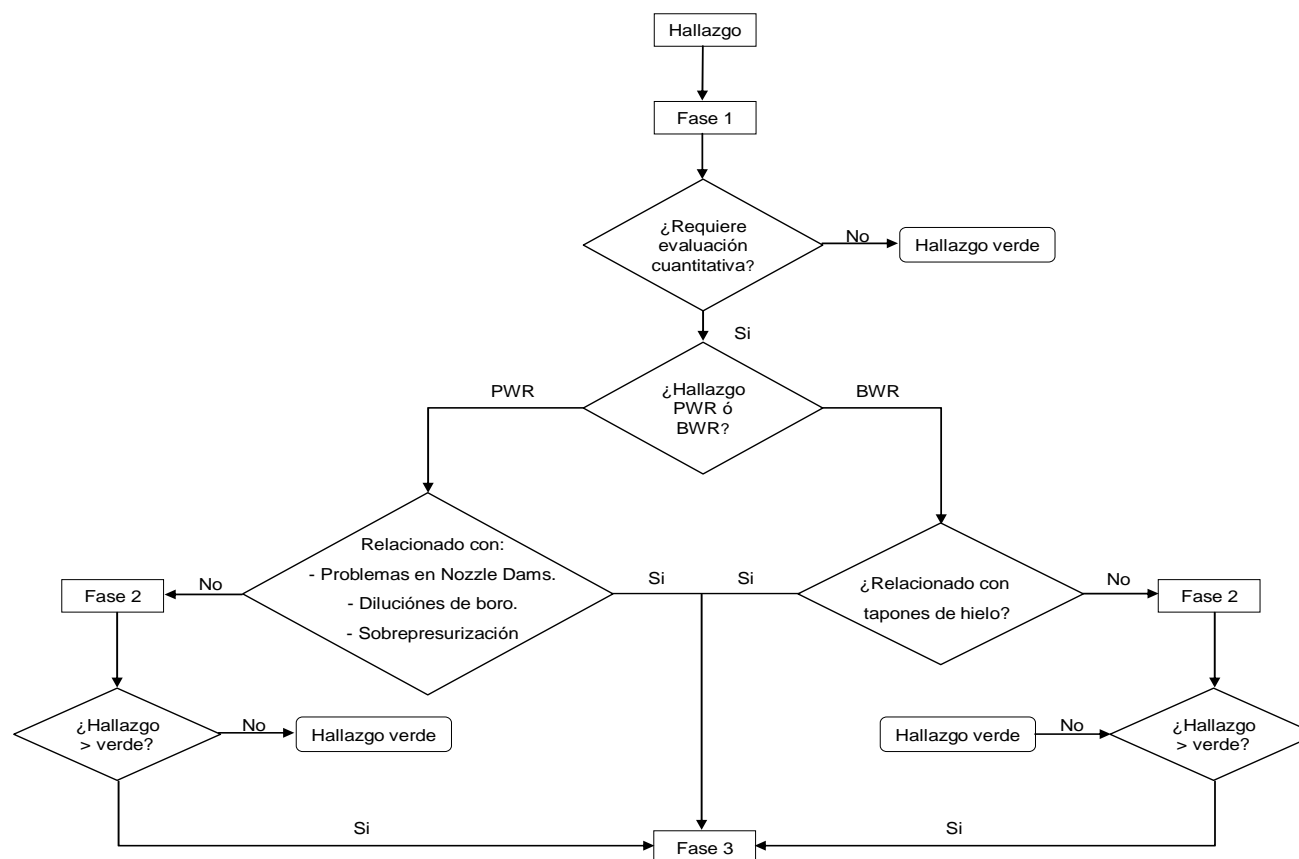
- PG.IV.03: Inspección y control de Instalaciones Nucleares.
- PA.IV.08: Elaboración, trámite y diligencia de las actas de inspección a Instalaciones Nucleares.
- PT.IV.217: Recarga y otras actividades de parada.
- PT.IV.301: Proceso de determinación de la significación para situaciones a potencia.
- PT.IV.303: Proceso de determinación de la significación de la integridad de contención.
- NUMARC 91-06: Guidelines for Industry Actions to Assess Shutdown Management. December 1991.
- US-NRC, GL 88-17: Loss of Decay Heat Removal. October 17, 1988.
- US-NRC, IMC 0609, Appendix G: Shutdown Operations Significance Determination Process. 02/28/05.
- US-NRC, IMC 0609, Appendix G, Attachment 1: Phase 1 Operational Checklists for both PWRs and BWRs. 05/25/04.

- US-NRC, IMC 0609, Appendix G, Attachment 2: Phase 2 Significance Determination Process Template for PWR During Shutdown. 02/28/05.
- US-NRC, IMC 0609, Appendix G, Attachment 3: Phase 2 Significance Determination Process Template for BWR During Shutdown. 02/28/05.
- US-NRC, SECY 97-168: Rulemaking Package for Shutdown and Fuel Storage Pool Operation. December 11, 1997.

## **8. ANEXOS**

- I.- Fase 1: Listas de comprobación.
- II.- Fase 2: Determinación de la significación PWR.
- III.- Fase 2: Determinación de la significación BWR.
- IV.- Motivo de la revisión y cambios introducidos.

**Figura 1: Guía para hallazgos de parada**



**Tabla 1: Pérdidas de control**

**Pérdida de margen térmico (PWR y BWR)**

$\Delta$  Temperatura en el SRR debido a la pérdida de evacuación de calor residual /  $\Delta$  Temperatura que causaría la ebullición  $> 0,2$

**Pérdida de nivel (PWR)**

Pérdida de nivel inadvertida de 61 cm (2 pies) en el SRR cuando no está a medio lazo, o

Una entrada inadvertida en condiciones de medio lazo, o

Pérdida de nivel de 5 cm (2 pulgadas) en el SRR cuando está a medio lazo.

**Pérdida de nivel (BWR)**

Pérdida de nivel inadvertida de 61 cm (2 pies) en el SRR, o

Presurización inadvertida del SRR.



## ANEXO I

### FASE 1: LISTAS DE COMPROBACIÓN

En esta Fase 1 se procede a la clasificación inicial de los hallazgos. Para ello, se han desarrollado unas listas de comprobación, para cada uno de los distintos tipos de reactores (PWR o BWR), que abarcan los distintos modos/estados de operación objeto de este procedimiento, con el fin de evaluar la capacidad de mitigación que se espera mantenga el Titular en parada.

En cada lista de comprobación se evalúa la disponibilidad u operabilidad (en este caso se indica de forma explícita) de una serie de elementos (instrumentación, equipos/sistemas, políticas y procedimientos), necesarios para comprobar el cumplimiento de las cinco funciones de seguridad identificadas en el documento NUMARC 91-06:

- Control de reactividad.
- Capacidad de evacuación del calor residual.
- Control de inventario.
- Disponibilidad de energía eléctrica.
- Integridad de la contención.

Estas listas de comprobación son genéricas para reactores PWR tipo Westinghouse y BWR tipo Mark III, siendo en todos los casos necesario cumplir con las funciones de seguridad identificadas en el documento NUMARC 91-06.

En el caso de las centrales de C.N. Trillo y C.N. Santa María de Garoña, los inspectores deberán evaluar utilizando criterios similares a los recogidos en estas listas la disponibilidad u operabilidad de los elementos (instrumentación, equipos/sistemas, políticas y procedimientos) necesarios para comprobar el cumplimiento de las cinco funciones de seguridad y evaluar la capacidad de mitigación que se espera mantenga el Titular en parada.

## REACTOR PWR EN PARADA CALIENTE

Modo de Operación 4 (tiempo esperado de ebullición del núcleo inferior a 2 horas).

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación del calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor de sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Indicación de temperatura en 2 termopares de salida del núcleo y alarma de alta temperatura.

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos y priorizados de refrigeración del núcleo, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, etc. (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos caminos de evacuación de calor, bien a través de los lazos de refrigerante del reactor bien a través del sistema de evacuación de calor residual, y los sistemas soporte necesarios operables.

\_\_\_ b) Dos caminos alternativos de refrigeración del núcleo durante al menos 24 horas, bien a través de los generadores de vapor bien a través del “feed and bleed”, operables.

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Generador de vapor: inventario suficiente, agua de alimentación auxiliar (en caso necesario) y alivio de vapor.

\_\_\_ Un tren del sistema de inyección de alta presión operable.

\_\_\_ El tanque de agua de recarga operable.

\_\_\_ Un camino de alivio del circuito primario para poder realizar la maniobra de “feed and bleed” operable.

\_\_\_ Capacidad de recirculación, si ésta es necesaria.

### **3. Control de inventario**

#### 3.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Dos transmisores de nivel, independientes, en el presionador, con alarma de alto/bajo nivel o indicación de desviación de nivel.

#### 3.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento para tratar la pérdida de inventario en el sistema de refrigerante del reactor (SRR), identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

\_\_\_ b) Identificar y minimizar las configuraciones de planta en las que un fallo simple o error humano pueden resultar en una pérdida rápida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.2).

#### 3.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Un sistema para mantener el núcleo cubierto en caso de una pérdida de inventario en el SRR operable.

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Un tren del sistema de inyección de alta presión operable.

\_\_\_ El tanque de agua de recarga operable.

### **4. Disponibilidad de energía eléctrica**

#### 4.1. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos fuentes de energía de corriente alterna externa y los sistemas de distribución asociados de clase 1E operables.

\_\_\_ b) Dos fuentes de energía de corriente alterna interna operables.

\_\_\_ c) Dos trenes de energía de corriente continua operables.

### **5. Integridad de la contención**

#### 5.1. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Integridad de la contención operable.

\_\_\_ b) Válvulas de aislamiento de la contención operables.

\_\_\_ c) Rociado y refrigeración de la contención operables.

**Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:**

- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de que se produzca una pérdida en la evacuación de calor residual, bien por fallo en el sistema de evacuación de calor residual, bien por fallo en uno de sus sistemas soporte o por un hallazgo en la instrumentación requerida. Apartados implicados: 2.1 y 2.3.a.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar de la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en establecer un camino alternativo en la refrigeración del núcleo si no se puede recuperar el sistema de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.2 y 2.3.b.
- \_\_\_ Hallazgos que producen una no conformidad con la posibilidad de disponer de un camino de alivio del circuito primario para poder realizar la maniobra de “feed and bleed”.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1 y 3.2.b.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a y 3.3.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida en el suministro de energía eléctrica exterior o que degradan la gestión de ésta por parte del Titular. Apartado implicado: 4.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la integridad de la contención. Apartado implicado: 5.

## REACTOR PWR EN PARADA FRÍA

Modo de Operación 5 con SRR cerrado, lazos llenos, generadores de vapor disponibles e inventario en el presionador (tiempo esperado de ebullición del núcleo inferior a 2 horas).

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación del calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor de sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Indicación de temperatura en 2 termopares de salida del núcleo y alarma de alta temperatura.

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos y priorizados de refrigeración del núcleo, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, etc. (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos trenes del sistema de evacuación de calor residual o dos generadores de vapor operables.

\_\_\_ b) Dos caminos alternativos de refrigeración del núcleo durante al menos 24 horas, bien a través de los generadores de vapor bien a través del “feed and bleed”, operables.

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Generador de vapor: inventario suficiente, agua de alimentación auxiliar (en caso necesario) y alivio de vapor.

\_\_\_ Un tren del sistema de inyección de alta presión.

\_\_\_ El tanque de agua de recarga.

\_\_\_ Un camino de alivio del circuito primario para poder realizar la maniobra de “feed and bleed” operable.

\_\_\_ Capacidad de recirculación, si ésta es necesaria.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Dos transmisores de nivel en el presionador, con alarma de alto/bajo nivel o indicación de desviación de nivel.

#### 3.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento para tratar la pérdida de inventario en el sistema de refrigerante del reactor (SRR), identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

\_\_\_ b) Identificar y minimizar las configuraciones de planta en las que un fallo simple o error humano pueden resultar en una pérdida rápida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.2).

#### 3.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Un sistema para mantener el núcleo cubierto en caso de una pérdida de inventario en el SRR.

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Un tren del sistema de inyección de alta presión.

### 4. Disponibilidad de energía eléctrica

#### 4.1. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Control administrativo de las actividades en los parques de transformación e interruptores (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.2.1).

\_\_\_ b) Revisión de las modificaciones y/u otras actividades de trabajo para asegurar que no afectan al suministro de energía eléctrica (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.1.2).

#### 4.2. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Tres fuentes de energía de corriente alterna, siendo al menos una externa y otra interna.

\_\_\_ b) Sistemas de distribución a barras vitales de corriente alterna y corriente continua necesarios para cumplir con los requisitos marcados en las funciones capacidad de evacuación de calor residual y de control de inventario.

## 5. Integridad de la contención

### 5.1. Formación y procedimientos

- \_\_\_ a) Garantizar el aislamiento de la contención antes de llegar a una situación de descubrimiento del núcleo, teniendo en cuenta la posible indisponibilidad del suministro de energía eléctrica, las condiciones ambientales en contención tras una pérdida del sistema de evacuación de calor residual o una pérdida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.5.1).

### 5.2. Equipos/Sistemas

- \_\_\_ a) Las penetraciones de contención deben soportar una presión diferencial igual a la presión final en contención tras un accidente (GL 88-17).

#### **Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:**

- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de que se produzca una pérdida en la evacuación de calor residual, bien por fallo en el sistema de evacuación de calor residual, bien por fallo en uno de sus sistemas soporte o por un hallazgo en la instrumentación requerida. Apartados implicados: 2.1 y 2.3.a.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar de la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en establecer un camino alternativo en la refrigeración del núcleo si no se puede recuperar el sistema de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.2 y 2.3.b.
- \_\_\_ Hallazgos que producen una no conformidad con la posibilidad de disponer de un camino de alivio del circuito primario para poder realizar la maniobra de “feed and bleed”.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1 y 3.2.b.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a y 3.3.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida en el suministro de energía eléctrica exterior o que degradan la gestión de ésta por parte del Titular. Apartado implicado: 4.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la integridad de la contención. Apartado implicado: 5.

## REACTOR PWR EN PARADA FRÍA O RECARGA

Modos de Operación 5 ó 6, con SRR cerrado sin inventario en el presionador o SRR abierto y nivel de agua por encima de la parte superior de la brida de la vasija inferior a 7 metros (tiempo esperado de ebullición del núcleo inferior a 2 horas)

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación del calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor de sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de la intensidad en el motor de la(s) bomba(s) del sistema de evacuación de calor residual (GL 88-17).

\_\_\_ b) Indicación de temperatura en al menos 2 termopares de salida del núcleo y alarma de alta temperatura, hasta que la tapa de la vasija sea retirada (GL 88-17).

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos y priorizados de refrigeración del núcleo, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, etc. (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos trenes del sistema de evacuación de calor residual operables.

\_\_\_ b) Un camino alternativo de refrigeración del núcleo durante al menos 24 horas mediante la maniobra de “feed and bleed” operable.

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Un tren del sistema de inyección de alta presión y otro tren capaz de mantener el núcleo cubierto, además de los trenes del sistema de evacuación de calor residual (GL 88-17).

\_\_\_ Un camino de alivio del circuito primario para poder realizar la maniobra de “feed and bleed” y evitar la pérdida de los “nozzle-dams” en las bocas de los generadores



de vapor como consecuencia de la posible represurización tras una pérdida en la evacuación de calor residual (GL 88-17).

\_\_\_ El tanque de agua de recarga (GL 88-17).

\_\_\_ Capacidad de recirculación, si ésta es necesaria.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Con nivel en el presionador: dos transmisores de nivel en el presionador, con alarma de alto/bajo nivel o indicación de desviación de nivel.

\_\_\_ b) Sin nivel en el presionador: dos indicaciones de nivel, bien en Sala de Control o desde un lugar distinto, pero con comunicación con Sala de Control (GL 88-17).

#### 3.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Minimizar el tiempo global de las configuraciones con inventario reducido (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.1.3).

\_\_\_ b) Demorar ir a condiciones de inventario reducido en situaciones donde la carga de evacuación de calor residual sea alta (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.1.2).

\_\_\_ c) Formación, procedimientos y controles administrativos para evitar actividades que impacten en el control de nivel en el SRR o en el caudal de evacuación de calor residual (GL 88-17 y NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.1.4).

\_\_\_ d) Procedimiento para tratar la pérdida de inventario en el sistema de refrigerante del reactor (SRR), identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

\_\_\_ e) Control de drenajes, con balances de inventario y acciones requeridas si existe desviación de nivel.

#### 3.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Establecer un venteo adecuado en rama caliente antes de proceder a ventear una rama fría en el SRR (GL 88-17).

\_\_\_ b) Un sistema para mantener el núcleo cubierto en caso de una pérdida de inventario en el SRR.

El equipo mínimo necesario incluye un tren del sistema de inyección de alta presión y otro tren capaz de mantener el núcleo cubierto, además de los trenes del sistema de evacuación de calor residual (GL 88-17).

#### **4. Disponibilidad de energía eléctrica**

##### 4.1. Formación, procedimientos y controles administrativos

- \_\_\_ a) Revisión de las modificaciones y/u otras actividades de trabajo para asegurar que no afectan al suministro de energía eléctrica (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.1.2).
- \_\_\_ b) Control administrativo de las actividades en los parques de transformación e interruptores (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.2.1).

##### 4.2. Equipos/Sistemas

- \_\_\_ a) Tres fuentes de energía de corriente alterna, siendo al menos una externa y otra interna.
- \_\_\_ b) Sistemas de distribución a barras vitales de corriente alterna y corriente continua necesarios para cumplir con los requisitos marcados en las funciones de evacuación de calor residual y de control de inventario.

#### **5. Integridad de la contención**

##### 5.1. Formación y procedimientos

- \_\_\_ a) Garantizar el aislamiento de la contención antes de la ebullición del núcleo si el SRR está abierto (GL 88-14 y NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.5).
- \_\_\_ b) Garantizar el aislamiento de la contención antes de llegar a una situación de descubrimiento del núcleo, teniendo en cuenta la posible indisponibilidad del suministro de energía eléctrica, las condiciones ambientales en contención tras una pérdida del sistema de evacuación de calor residual o una pérdida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.5.1).

##### 5.2. Equipos/Sistemas

- \_\_\_ a) Las penetraciones de contención deben soportar una presión diferencial igual a la presión final en contención tras un accidente (GL 88-17).

#### **Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:**

- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de que se produzca una pérdida en la evacuación de calor residual, bien por fallo en el sistema de evacuación de calor residual, bien por fallo en uno de sus sistemas soporte o por un hallazgo en la instrumentación requerida. Apartados implicados: 2.1 y 2.3.a.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar de la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en establecer un camino alternativo en la refrigeración del núcleo si no se puede recuperar el sistema de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.2 y 2.3.b.

- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a, 3.2.b y 3.2.e.
  
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida en el control de inventario en el SRR o de control en el caudal de evacuación de calor residual durante operaciones a medio lazo, dando lugar a una posible pérdida del sistema de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a, 3.2.b y 3.2.e.
  
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.d y 3.3.
  
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida en el suministro de energía eléctrica exterior o que degradan la gestión de ésta por parte del Titular. Apartado implicado: 4.
  
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la integridad de la contención. Apartado implicado: 5.

## REACTOR PWR EN RECARGA

Modo de Operación 6 con nivel de agua por encima de la parte superior de la brida de la vasija  $\geq$  7 metros (tiempo esperado de ebullición del núcleo superior a 2 horas).

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación del calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Indicación de la temperatura en 2 termopares de salida del núcleo (tan pronto como sea posible tras el cierre de la tapa de la vasija).

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, incluyendo aspectos tales como caminos alternativos (por ejemplo, “feed and bleed”, sistemas de refrigeración de la piscina de combustible gastado), tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, configuración del SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Al menos un tren del sistema de evacuación de calor residual debe estar en operación.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Con nivel de agua por encima de la parte superior de la brida de la vasija inferior a 7 metros: dos transmisores de nivel en el presionador, con alarma de bajo nivel.

Con cavidad de recarga inundada: una indicación de nivel.

#### 3.2. Formación, procedimientos y controles administrativos

\_\_\_ a) Inspección de los sellos de la cavidad del reactor antes de su llenado (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.5.1).

\_\_\_ b) Recuperación de un sello de la cavidad del reactor tras su fallo o pérdida de inventario de la cavidad (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.5.2).

\_\_\_ c) Procedimiento para tratar la pérdida de inventario, identificando su origen y posible magnitud, así como las posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

\_\_\_ d) Control y vigilancia de los tapones de hielo que pueden impactar en el inventario del SRR, planes de contingencia (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.6).

### 3.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) El necesario para el aporte a la cavidad de recarga.

## 4. Disponibilidad de energía eléctrica

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

## 5. Integridad de la contención

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento respecto a las alteraciones en el núcleo.

El aislamiento de la contención debe tratarse en planes de contingencia y/o procedimientos.

### Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:

\_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar de la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1, 2.2 y 2.3.

\_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1 y 3.2.a.

\_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.b, 3.2.c, 3.2.d y 3.3.

## REACTOR BWR EN PARADA CALIENTE

Condición de Operación/Modo 3 con presión en la cúpula de la vasija del reactor menor que el punto de tarado del permisivo de presión del sistema de evacuación de calor residual (tiempo esperado de ebullición del núcleo inferior a 2 horas).

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación de calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Dos canales de indicación de nivel en vasija.

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, configuración del SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos trenes del sistema de evacuación de calor residual operables y uno de ellos en funcionamiento.

\_\_\_ b) Un método alternativo de refrigeración del núcleo durante al menos 24 horas (recirculación usando las válvulas de alivio/seguridad y la piscina de supresión).

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Válvulas de alivio/seguridad operables.

\_\_\_ Todos los subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) operables, salvo el sistema de refrigeración a alta presión (HPCI) y el sistema de despresurización automática (ADS).

\_\_\_ Dos subsistemas del modo de refrigeración de la piscina de supresión del sistema de evacuación de calor residual operables.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

- a) La función de aislamiento automático, por bajo nivel en vasija, del modo de refrigeración en parada del sistema de evacuación de calor residual operable (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.1).
- b) Dos canales de nivel en vasija, con indicación.

#### 3.2. Formación, procedimientos y controles administrativos

- a) Controles administrativos para evitar una pérdida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.2).
- b) Procedimientos para tratar la pérdida de inventario en el SRR, identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

#### 3.3. Equipos/Sistemas

- a) Un sistema para mantener el núcleo cubierto en caso de pérdida de inventario en el SRR.

El equipo mínimo necesario incluye:

- Válvulas de alivio/seguridad operables.
- Todos los subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) operables, salvo el sistema de refrigeración a alta presión (HPCI) y el sistema de despresurización automática (ADS).
- Dos subsistemas del modo de refrigeración de la piscina de supresión del sistema de evacuación de calor residual operables.

### 4. Disponibilidad de energía eléctrica

#### 4.1. Formación y procedimientos

- a) Control administrativo de las actividades en los parques de transformación e interruptores (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.2.1).
- b) Revisión de las modificaciones y/o actividades de trabajo para asegurar que no afectan al suministro de energía eléctrica (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.1.2).

#### 4.2. Equipos/Sistemas

- a) Dos fuentes de energía de corriente alterna externa y los sistemas de distribución asociados de clase 1E operables.

- \_\_\_ b) Generadores diesel operables (conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento).
- \_\_\_ c) Sistema de corriente continua clase 1E operable (conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento).

## 5. Integridad de la contención

### 5.1. Equipos/Sistemas

- \_\_\_ a) Contención primaria y secundaria operable.

#### **Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:**

- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de que se produzca una pérdida en la evacuación de calor residual, bien por fallo en el sistema de evacuación de calor residual, bien por fallo en uno de sus sistemas soporte o por un hallazgo en la instrumentación requerida. Apartados implicados: 2.1 y 2.3.a.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en establecer un camino alternativo en la refrigeración del núcleo si no se puede recuperar el sistema de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.2.a y 2.3.b.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1 y 3.2.a.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a y 3.3.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida en el suministro de energía eléctrica exterior o que degradan la gestión de ésta por parte del Titular. Apartado implicado: 4.



## REACTOR BWR EN PARADA FRÍA O RECARGA

Condición de Operación/Modo 4 ó 5 con nivel de agua en el SRR por encima de la parte superior de la brida de la vasija inferior a 7 metros (tiempo esperado de ebullición del núcleo inferior a 2 horas).

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación de calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Dos canales de nivel en vasija, con indicación.

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, configuración del SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos trenes del sistema de evacuación de calor residual operables y uno de ellos en funcionamiento.

\_\_\_ b) Un método alternativo de refrigeración del núcleo durante al menos 24 horas (recirculación usando las válvulas de alivio/seguridad y la piscina de supresión).

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Dos válvulas de alivio/seguridad, si los pernos de cierre de la tapa de la vasija están totalmente tensados.

\_\_\_ Dos subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) de baja presión operables.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

- a) La función de aislamiento automático, por bajo nivel en vasija, del modo de refrigeración en parada del sistema de evacuación de calor residual operable (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.1).
- b) Dos canales de nivel en vasija, con indicación y alarma de bajo nivel

#### 3.2. Formación, procedimientos y controles administrativos

- a) Controles administrativos para evitar una pérdida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.2).
- b) Procedimientos para tratar la pérdida de inventario en el SRR, identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).
- c) Control y vigilancia sobre los tapones de hielo que pueden impactar en el inventario del SRR, planes de contingencia (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.6).

#### 3.3. Equipos/Sistemas

- a) Sistema(s) para mantener el núcleo cubierto, en caso de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo dos subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) de baja presión operables.

### 4. Disponibilidad de energía eléctrica

#### 4.1. Formación y procedimientos

- a) Control administrativo de las actividades en los parques de transformación e interruptores (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.2.1).
- b) Revisión de las modificaciones y/o actividades de trabajo para asegurar que no afectan al suministro de energía eléctrica (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.1.2).

#### 4.2. Equipos/Sistemas

- a) Una fuente de energía de corriente alterna externa y los sistemas de distribución asociados de clase 1E operable.
- b) Un generador diesel operable.
- c) Sistema de corriente continua clase 1E operable (conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento).

## 5. Integridad de la contención

### 5.1. Formación y procedimientos

- \_\_\_ a) Formación y procedimiento para garantizar el aislamiento de la contención antes de llegar a una situación de liberación de productos de fisión, teniendo en cuenta la posible indisponibilidad del suministro de energía eléctrica y las condiciones ambientales en contención (NUMARC 91-06. Apdo. 4.5.1).

#### **Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:**

- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de que se produzca una pérdida en la evacuación de calor residual, bien por fallo en el sistema de evacuación de calor residual, bien por fallo en uno de sus sistemas soporte o por un hallazgo en la instrumentación requerida. Apartados implicados: 2.1 y 2.3.a.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en establecer un camino alternativo en la refrigeración del núcleo si no se puede recuperar el sistema de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.2.a y 2.3.b.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a, 3.2.b y 3.2.c.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.b y 3.3.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida en el suministro de energía eléctrica exterior o que degradan la gestión de ésta por parte del Titular. Apartado implicado: 4.

## REACTOR BWR EN RECARGA

Condición de Operación/Modo 5 con nivel de agua en el SRR por encima de la parte superior de la brida de la vasija del reactor  $\geq 7$  metros.

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación de calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de la temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Dos canales de indicación de nivel en vasija.

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, configuración del SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Un tren del sistema de evacuación de calor residual operable y en funcionamiento.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Un canal de nivel en vasija, con indicación y alarma de bajo nivel

\_\_\_ b) La función de aislamiento automático, por bajo nivel en vasija, del modo de refrigeración en parada del sistema de evacuación de calor residual operable (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.1).

#### 3.2. Formación, procedimientos y controles administrativos

\_\_\_ a) Inspección de los sellos de la cavidad del reactor antes de su llenado (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.5.1).

\_\_\_ b) Control y vigilancia sobre los tapones de hielo que pueden impactar en el inventario del SRR, planes de contingencia (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.6).

- c) Recuperación de un sello de la cavidad del reactor tras su fallo o pérdida de inventario de la cavidad (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.5.2).
- d) Procedimientos para tratar la pérdida de inventario en el SRR, identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

### 3.3. Equipos/Sistemas

- a) Dos subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) de baja presión operables (salvo cuando estén quitadas las compuertas de la piscina de combustible).

## 4. Disponibilidad de energía eléctrica

- a) Una fuente de energía de corriente alterna externa y los sistemas de distribución asociados de clase 1E operable.
- b) Un generador diesel operable.
- c) Sistema de corriente continua clase 1E operable (conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento).

## 5. Integridad de la contención

- a) Contención secundaria operable durante movimiento del combustible, alteraciones del núcleo y durante aquellas operaciones que pueden conducir al drenaje de la vasija del reactor

### Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:

- Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a y 3.2.b.
- Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.b, 3.2.c, 3.2.d y 3.3.

## REACTOR BWR EN PARADA FRÍA O RECARGA

Condición de Operación/Modo 4 ó 5 con nivel de agua en el SRR por encima de la parte superior de la brida de la vasija del reactor inferior a 7 metros (tiempo esperado de ebullición del núcleo superior a 2 horas).

### 1. Control de reactividad

\_\_\_ a) Conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### 2. Capacidad de evacuación de calor residual

#### 2.1. Instrumentación

\_\_\_ a) Indicación de la temperatura de entrada/salida en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

Indicación y alarma de alto/bajo caudal en el cambiador de calor del sistema de evacuación de calor residual.

\_\_\_ b) Dos canales de nivel en vasija, con indicación.

#### 2.2. Formación y procedimientos

\_\_\_ a) Procedimiento(s) de operación normal y fallo del sistema de evacuación de calor residual, donde se incluya aspectos tales como caminos alternativos, tiempo para ebullición y descubrimiento del núcleo, configuración del SRR (NUMARC 91-06. Apdo. 4.1.1.1).

#### 2.3. Equipos/Sistemas

\_\_\_ a) Dos trenes del sistema de evacuación de calor residual operables y uno de ellos en funcionamiento.

\_\_\_ b) Un camino alternativo de refrigeración del núcleo durante al menos 24 horas.

El equipo mínimo necesario incluye:

\_\_\_ Dos válvulas de alivio/seguridad, si los pernos de cierre de la tapa de la vasija están totalmente tensados.

\_\_\_ Dos subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) de baja presión operables.

### 3. Control de inventario

#### 3.1. Instrumentación

- a) La función de aislamiento automático, por bajo nivel en vasija, del modo de refrigeración en parada del sistema de evacuación de calor residual operable (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.1).
- b) Dos canales de nivel en vasija, con indicación y alarma de bajo nivel

#### 3.2. Formación, procedimientos y controles administrativos

- a) Controles administrativos para evitar una pérdida de inventario en el SRR (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.3.2).
- b) Control y vigilancia sobre los tapones de hielo que pueden impactar en el inventario del SRR, planes de contingencia (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.6).
- c) Procedimientos para tratar la pérdida de inventario en el SRR, identificando su origen y posible magnitud, posibles vías de suministro con capacidad de aporte, niveles de radiación en contención (NUMARC 91-06, Apdo. 4.2.2.1).

#### 3.3. Equipos/Sistemas

- a) Sistema(s) para mantener el núcleo cubierto, en caso de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo dos subsistemas de inyección/aspersión del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) de baja presión operables.

### 4. Disponibilidad de energía eléctrica

#### 4.1. Formación y procedimientos

- a) Control administrativo de las actividades en los parques de transformación e interruptores (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.2.1).
- b) Revisión de las modificaciones y/o actividades de trabajo para asegurar que no afectan al suministro de energía eléctrica (NUMARC 91-06, Apdo. 4.3.1.2).

#### 4.2. Equipos/Sistemas

- a) Una fuente de energía de corriente alterna externa y los sistemas de distribución asociados de clase 1E operable.
- b) Un generador diesel operable.
- c) Sistema de corriente continua clase 1E operable (conforme con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento).

## 5. Integridad de la contención

### 5.1. Formación y procedimientos

- \_\_\_ a) Formación y procedimiento para garantizar el aislamiento de la contención antes de llegar a una situación de liberación de productos de fisión, teniendo en cuenta la posible indisponibilidad del suministro de energía eléctrica y las condiciones ambientales en contención (NUMARC 91-06. Apdo. 4.5.1).

#### **Hallazgos que requieren un análisis Fase 2 ó 3:**

- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en recuperar de la capacidad de evacuación de calor residual. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos que identifican que uno o ninguna válvula de alivio/seguridad esta disponible para establecer un camino de evacuación del calor a la piscina de supresión, si los pernos de cierre de la tapa de la vasija están totalmente tensados. Apartados implicados: 2.1 y 2.2.
- \_\_\_ Hallazgos que aumentan la probabilidad de una pérdida de inventario en el SRR, incluyendo los hallazgos relativos a la instrumentación requerida para el control de dicho inventario. Apartados implicados: 3.1, 3.2.a y 3.2.b.
- \_\_\_ Hallazgos de degradan la gestión por parte del Titular en aislar una pérdida de inventario y recuperar nivel en el SRR. Apartados implicados: 3.1, 3.2.b, 3.2.c y 3.3.



## ANEXO II

### FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICACIÓN PWR

#### **1. CONDICIONES DE ENTRADA**

Este anexo es un documento de trabajo para valorar los hallazgos, en reactores tipo PWR, dentro de la Fase 2 del proceso de determinación de la significación para operaciones en parada.

En esta Fase 2 se procede a una categorización de los hallazgos que han sido seleccionados tras comprobar su influencia en alguna de las cinco funciones de seguridad identificadas en el documento NUMARC 91-06 (Fase 1) o se produce un suceso que podría caracterizarse como pérdida de control.

#### **2. DEFINICIONES**

##### **Sucesos iniciadores de parada**

Pérdida de control de nivel (LOLC): cualquier pérdida en la evacuación de calor residual debida a: (1) un drenaje excesivo por parte del Grupo de Operación en las maniobras para alcanzar las condiciones de medio lazo o (2) fallos en el control de nivel/caudal en el SRR en condiciones de medio lazo.

Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP): aquellas pérdidas en el suministro de energía eléctrica exterior que producen la pérdida de la evacuación de calor residual.

Pérdida de inventario (LOI): pérdidas de inventario en el SRR que conducen a una pérdida de evacuación de calor residual (RHR).

Pérdida de la evacuación de calor residual (LORHR): incluye las pérdidas de RHR debidas a fallos en el propio sistema de evacuación de calor residual (como el fallo de la bomba de RHR) o fallos en sus sistemas soporte, que no sean del tipo de pérdida de energía eléctrica exterior.

##### **Tipos de hallazgos**

Hallazgo precursor: cualquier hallazgo que: (1) puede causar la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento, (2) aumenta la probabilidad de que el tren del sistema de evacuación de calor residual que está funcionando se pierda o (3) causa la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento.

Hallazgo de condición: cualquier hallazgo que supone una degradación en la capacidad del Titular para mitigar un suceso iniciador en parada.

## Estados Operacionales de la Planta (EOP)

EOP 1: su inicio se produce cuando el sistema de evacuación de calor residual se pone en servicio y finaliza cuando el SRR es venteado y los posibles generadores de vapor disponibles (con inventario en el lado secundario) no pueden utilizarse para una posible evacuación del calor de desintegración.

Este EOP incluye el Modo 4 (Parada Caliente) y parte del Modo 5 (Parada Fría).

EOP 2: su inicio se produce cuando se procede al venteo del SRR de modo que: (1) los posibles generadores de vapor disponibles (con inventario en el lado secundario) no pueden utilizarse para una posible evacuación de calor de desintegración y (2) existe un camino de venteo en el SRR para poder realizarse una maniobra de “feed and bleed”. Las configuraciones con inventario reducido y las operaciones a medio lazo en el SRR son subconjuntos de este EOP.

Este EOP incluye parte del Modo 5 (Parada Fría) y del Modo 6 (Recarga).

EOP 3: este EOP representa aquellas configuraciones en las que el nivel de agua en la cavidad es igual o mayor que el nivel mínimo requerido en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento para el movimiento de combustible dentro de la contención.

Este EOP se produce durante Modo 6 (Recarga).

## Ventanas temporales

Ventana temporal inicial (TW-E): representa aquellas configuraciones (EOP 1 ó EOP 2) anteriores a la entrada en el EOP 3. Esta ventana temporal se caracteriza por un calor de desintegración relativamente alto.

Ventana temporal final (TW-L): representa aquellas configuraciones (EOP 1 ó EOP 2) posteriores al EOP 3. Esta ventana temporal se caracteriza por un calor de desintegración relativamente bajo.

## Otras definiciones

Reposición de inventario por gravedad: para dar crédito a dicha reposición por gravedad se deben analizar aquellos factores que pueden impedir el disponer de una altura efectiva: (1) caídas de presión, (2) el posible arrastre de inventario acumulado en el presionador, o (3) caminos de venteo restringidos en el SRR.

La alimentación/reposición de inventario al SRR por gravedad no puede considerarse una vez iniciada la ebullición en el núcleo.

Medio lazo: según la GL 88-17 existe una condición de medio lazo cuando el nivel de agua en el SRR está por debajo de la máxima cota de las toberas de salida de la vasija a las ramas calientes.

SRR venteado: se considera que el SRR esta venteado cuando: (1) no es posible la evacuación de calor residual con los generadores de vapor y (2) el camino de venteo es tal que permite poder realizar una maniobra de “feed and bleed”.

Operaciones con inventario reducido: según la GL 88-17 existe una condición de inventario reducido en el SRR cuando el nivel en la vasija del reactor está por debajo de 91 cm (3 pies) de la brida de la vasija del reactor.

Agotamiento/vaciado del tanque de almacenamiento de agua de recarga: nivel del tanque de almacenamiento de agua de recarga que hace necesario la aportación o recirculación para continuar con la inyección en el SRR.

Operaciones de parada: operaciones durante Parada Caliente, Parada Fría y Recarga en las que un elemento combustible está en la vasija del reactor y el sistema de evacuación de calor residual está en funcionamiento.

### 3. LÍMITES Y PRECAUCIONES

- A la hora de categorizar un hallazgo el analista debe entender: (1) las diferencias entre un hallazgo precursor y de condición, (2) las diferencias entre los distintos estados operacionales de la planta (EOP) y (3) los sucesos iniciadores o escenarios considerados en parada.
- En el proceso de categorización de un hallazgo, teniendo en cuenta las distintas configuraciones de la central así como los tiempos involucrados, se deben evaluar todas las secuencias que pueden verse afectadas.
- La disponibilidad de un sistema de inyección al SRR en espera junto al posible error humano en su puesta en servicio son las principales causas de riesgo en parada. En la mayoría de los casos en los que se dispone de un sistema de inyección, dicho aporte amplía el margen de tiempo para realizar otras acciones de recuperación por parte del Grupo de Operación (por ejemplo, finalización del camino de fuga, recuperación del RHR, etc.). Si existen factores que pueden afectar a la disponibilidad de un sistema de inyección al SRR, como por ejemplo la posible cavitación de las bombas por la presencia de bolsas de aire o de posible indisponibilidad de algún sistema soporte, estos factores (hipótesis) se convierten es significativos para el riesgo y deben evaluarse cuidadosamente.
- En aquellos escenarios en donde se llega al vaciado del tanque de almacenamiento de agua de recarga y se ha producido el fallo a largo plazo del RHR, no se da crédito a una posible recirculación desde sumideros, salvo en aquellos casos que se inunda la cavidad de recarga, ya que: (1) en las centrales nucleares españolas tipo PWR las bombas de inyección a baja presión que son necesarios para la recirculación son las mismas que se usan para la función de evacuación de calor residual, y (2) es muy probable que debido al accidente y a las distintas tareas que en ese momento pueden estar realizándose en el interior de contención se produzca una obstrucción de los filtros situados en los sumideros de contención.
- Algunos hallazgos no pueden ser evaluados mediante esta Fase 2 y deben ser categorizados de forma directa en Fase 3.

A continuación se incluyen algunos ejemplos de este tipo de hallazgos:

- La posible sobrepresurización de tuberías de baja presión.
  - Utilización de “nozzle dams” sin un camino de venteo adecuado en el SRR que evite, ante una pérdida prolongada en la evacuación de calor residual, su sobrepresurización por encima de 1,72 bares (25 psig) (máxima presión diferencial de un “nozzle dams”).
  - Hallazgos que contribuyan a una posible dilución de boro en el SRR.
- Aquellos hallazgos relacionados con el cierre de la contención deben ser evaluados mediante el procedimiento PT.IV.303.

#### **4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICACIÓN**

##### **PASO 4.1: TRANSICIÓN DESDE FASE 1 DEL SDP**

###### **PRECAUCIÓN**

- Un equipo/sistema se considera disponible si se cumplen todas y cada una de las siguientes condiciones: (1) puede ponerse en servicio en la mitad del tiempo que necesita para realizar su función, (2) existen procedimientos u órdenes permanentes para usarlo de forma que cumple su función, (3) todos los sistemas soporte están disponibles, y (4) el grupo de operación ha sido formado para utilizarlo en la situación dada.
- La disponibilidad de un sistema de inyección al SRR en espera junto al posible error humano en su puesta en servicio son las principales causas de riesgo en parada. En la mayoría de los casos en los que se dispone de un sistema de inyección, dicho aporte amplía el margen de tiempo para realizar otras acciones de recuperación por parte del Grupo de Operación (por ejemplo, aislamiento del camino de fuga, recuperación del RHR, etc.). Si existen factores que pueden afectar a la disponibilidad de un sistema de inyección al SRR, como por ejemplo la posible cavitación de las bombas por la presencia de bolsas de aire o la posible indisponibilidad de algún sistema soporte, estos factores (hipótesis) se convierten es significativos para el riesgo y deben evaluarse cuidadosamente.

PASO 4.1.1: Se debe utilizar toda la información recopilada en la Fase 1 para identificar el conjunto de sistemas y/o componentes previstos por el Titular para cumplir con las siguientes funciones de seguridad: inyección al SRR, control de presión en el SRR y la evacuación de calor a través del secundario, si procede.

##### **PASO 4.2: DETERMINACIÓN DEL TIPO DE HALLAZGO: PRECURSOR DE UN SUCESO INICIADOR (PÉRDIDA DE LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE CALOR RESIDUAL) O DE CONDICIÓN**

###### **NOTA**

- Un hallazgo precursor es aquel que: (1) puede causar la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento, (2) aumenta la probabilidad de que el tren

- del sistema de evacuación de calor residual que este en funcionamiento se pierda o (3) causa la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento.
- Un hallazgo de condición es cualquier hallazgo que supone una degradación en la capacidad del Titular para mitigar un suceso iniciador en parada.

Para un hallazgo precursor pasar al PASO 4.3 y para uno de condición pasar al PASO 4.4.

### **PASO 4.3: CATEGORIZACIÓN DE UNA HALLAZGO PRECURSOR DE UN SUCESO INICIADOR**

PASO 4.3.1: Identificar cada EOP y cada ventana temporal en el cual podría haberse producido el hallazgo.

PASO 4.3.2: Determinar la probabilidad de tener una pérdida en la función de evacuación de calor residual como consecuencia del hallazgo:

- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida de control de nivel (LOLC) o lo acaba causando, se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 1).
- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) o lo acaba causando, se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 2).
- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida de inventario (LOI) o lo acaba causando, se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 3).
- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida del tren del RHR en funcionamiento (LORHR) o lo acaba causando (salvo para LOOP y LOI), se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 4).
- Si el hallazgo esta relacionado con un sistema soporte del RHR (salvo LOOP y LOI), el suceso iniciador aplicable será LORHR, teniendo que determinar su probabilidad condicional (Tabla 4).

PASO 4.3.3: Utilizar las hojas de trabajo del SDP Fase 2 que contengan el EOP aplicable (PASO 4.3.1) y los posibles sucesos iniciadores identificados (PASO 4.3.2).

#### NOTA

Es recomendable utilizar los valores del Titular para los tiempos de ebullición, descubrimiento del núcleo y de daño. No obstante, si estos no están disponibles, se pueden utilizar los indicados en la Tabla 8.

PASO 4.3.4: Introducir el tiempo estimado de ebullición, descubrimiento del núcleo y de daño al núcleo.

PASO 4.3.5: Introducir la frecuencia estimada del suceso iniciador (PASO 4.3.2).

PASO 4.3.6: Determinar el crédito de cada una de las funciones:

- Verificar que para la función afectada, el Titular dispone de la instrumentación necesaria.
- Crédito del equipo: considerar cada sistema disponible que sea (1) capaz de mantener la función analizada, y (2) no se vea afectado por el hallazgo.

Utilizar las directrices indicadas en las Tablas 6 y 7, documentando las hipótesis realizadas.

- Crédito del operador: considerar el crédito por defecto indicado en las hojas de trabajo, a no ser que pueda aplicarse cualquiera de las siguientes condiciones:
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el Titular no dispone de la instrumentación necesaria o dicha instrumentación no refleja las condiciones en el SRR.
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si la acción debe de realizarse en coincidencia con fallos de equipos o en unas condiciones ambientales extremas (por ejemplo: vapor, alta radiación, etc.).
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el tiempo de diagnóstico es inferior a 20 minutos o el tiempo para realizar la acción es aproximadamente igual al tiempo requerido.
  - El crédito del operador disminuirá en 1 si los procedimientos son incompletos.

Si el crédito del operador por defecto cambia y éste es negativo, el crédito a considerador será cero.

- Determinar el crédito de cada una de las funciones, seleccionando el valor mínimo de los valores dados en el crédito del equipo y del operador.

PASO 4.3.7: Cuantificar todos los escenarios de daño al núcleo, no dando crédito en esta Fase 2 al crédito de recuperación.

PASO 4.3.8: Determinar la frecuencia del hallazgo:

- Si el hallazgo se produce en parada, la estimación de la significación para el riesgo del hallazgo se realiza de la misma forma que a potencia (PT.IV.301), en donde la probabilidad condicionada de daño al núcleo debida al hallazgo se interpreta directamente como un aumento de la frecuencia de daño al núcleo.
- Si el hallazgo necesita un suceso aleatorio para revelarse, la categorización del hallazgo se determina teniendo en cuenta:

$$\Delta FDN = f_{\text{hallazgo}} \times \{ \Delta FDN_{EOP1} + \Delta FDN_{EOP2} + \Delta FDN_{EOP3} \}$$

Siendo:

$f_{\text{hallazgo}}$  Frecuencia del hallazgo

$$\Delta FDN_{EOP1} = (\text{n}^\circ \text{ paradas/año}) \times (\text{n}^\circ \text{ días EOP1/parada}) \times (1 \text{ año}/365 \text{ días}) \times \text{CCDP}_{EOP1}$$

$$\Delta FDN_{EOP2} = (\text{n}^\circ \text{ paradas/año}) \times (\text{n}^\circ \text{ días EOP2/parada}) \times (1 \text{ año}/365 \text{ días}) \times \text{CCDP}_{EOP2}$$

$$\Delta FDN_{EOP3} = (\text{n}^\circ \text{ paradas/año}) \times (\text{n}^\circ \text{ días EOP3/parada}) \times (1 \text{ año}/365 \text{ días}) \times \text{CCDP}_{EOP3}$$

Donde el término  $\Delta FDN_{EOP3}$  es prácticamente despreciable.

#### **PASO 4.4: CATEGORIZACIÓN DE UN HALLAZGO DE CONDICIÓN**

##### NOTA

Sólo se cuantifican los escenarios de daño al núcleo afectados por el hallazgo.

PASO 4.4.1: Se seleccionan los sucesos iniciadores aplicables mediante la identificación del equipo o de las funciones de seguridad afectadas, y se determinan los escenarios que deben evaluarse.

PASO 4.4.2: Se determina el tiempo de exposición, teniendo en cuenta que en aquellos hallazgos que abarquen más de un EOP se debe determinar un tiempo de exposición para cada uno de los EOP involucrados.

Se determina la frecuencia de cada uno de los sucesos iniciadores a analizar (Tabla 5).

PASO 4.4.3: Usar las hojas de trabajo del SDP que contengan los EOP y los sucesos iniciadores que se determinaron como aplicables en el PASO 4.4.2. En cada una de las hojas de trabajo realizar los siguientes pasos.

##### NOTA

Es recomendable utilizar los valores del Titular para los tiempos de ebullición, descubrimiento del núcleo y de daño. No obstante, si estos no están disponibles, se pueden utilizar los indicados en la Tabla 8.

PASO 4.4.4: Introducir el tiempo estimado de ebullición, descubrimiento del núcleo y de daño al núcleo.

PASO 4.4.5: Introducir la frecuencia estimada del suceso iniciador (PASO 4.4.2).

PASO 4.4.6: Determinar el crédito de cada una de las funciones afectadas por el hallazgo:

- Verificar que para la función afectada, el Titular dispone de la instrumentación afectada.
- Crédito del equipo: considerar cada sistema disponible que sea (1) capaz de mantener la función analizada, y (2) no se vea afectado por el hallazgo.

Utilizar las directrices indicadas en las Tablas 6 y 7, documentando las hipótesis realizadas.

- Crédito del operador: considerar el crédito por defecto indicado en las hojas de trabajo, a no ser que pueda aplicarse cualquiera de las siguientes condiciones:
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el Titular no dispone de la instrumentación necesaria o dicha instrumentación no refleja las condiciones en el SRR.
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si la acción debe de realizarse en coincidencia con fallos de equipos o en unas condiciones ambientales extremas (por ejemplo: vapor, alta radiación, etc.).
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el tiempo de diagnóstico es inferior a 20 minutos o el tiempo para realizar la acción es aproximadamente igual al tiempo requerido.
  - El crédito del operador disminuirá en 1 si los procedimientos son incompletos.

Si el crédito del operador por defecto cambia y éste es negativo, el crédito a considerador será cero.

- Determinar el crédito de cada una de las funciones, seleccionando el valor mínimo de los valores dados en el crédito del equipo y del operador.

PASO 4.4.7: Cuantificar todos los escenarios de daño al núcleo, no dando crédito en esta Fase 2 al crédito de recuperación.

Analizar todas las hojas de trabajo afectadas por el hallazgo.

Estimar la significación para el riesgo del hallazgo de la misma forma que a potencia (PT.IV.301).

#### 4. ABREVIATURAS

CCDP	Conditional Core Damage Probability (Probabilidad Condicional de Daño al Núcleo)
EOP	Estados Operacionales de la Planta
FDN	Frecuencia de Daño al Núcleo
GV's	Generadores de Vapor
LOI	Loss of Reactor Inventory Initiating Event (Pérdida de Inventario)
LOLC	Loss of Level Control (Pérdida de Control de Nivel)
LOOP	Loss of Offsite Power (Pérdida de Energía Eléctrica Exterior)



LORHR Loss of RHR Initiating Event (Pérdida del RHR)

RHR Residual Heat Removal (Evacuación de Calor Residual)

SRR Sistema de Refrigerante del Reactor

TAAR Tanque de Almacenamiento de Agua de Recarga

**Tabla 1: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LOLC**

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>I</b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>LOLC</b>
Se produce LORHR o t < 20 min.	N/A	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	Sí	1
20 min. < t < 40 min.	No	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	No	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	No	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	Sí	2
40 min. < t < 60 min.	No	N/A	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	No	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	No	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	Sí	3
1 h < t < 2 h	No	Sí	Sí	1
1 h < t < 2 h	Sí	No	N/A	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	No	0
t > 2 h	SÍ	Sí	Sí	4
t > 2 h	No	Sí	Sí	1
t > 2 h	Sí	No	N/A	0
t > 2 h	Sí	Sí	No	0

- T<sub>1</sub>** Tiempo (t) transcurrido hasta la pérdida del RHR por cavitación suponiendo que no se produce ninguna acción por parte del Grupo de Operación.
- I** ¿La indicación de nivel en el SRR es un reflejo razonable del nivel real en el SRR? y ¿están disponibles las indicaciones de caudal/consumo de las bombas del RHR?
- T<sub>2</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación identificar la posible pérdida del RHR en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?
- T<sub>3</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación recuperar la posible pérdida del RHR en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?
- LOCL** Probabilidad de que se produzca el suceso iniciador “Pérdida de control de nivel (LOLC)”.

**Tabla 2: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LOOP**

<b>Tipo de precursor</b>	<b>LOOP</b>
Se produce LOOP	0
Actividades de trabajo que puedan afectar al suministro de energía eléctrica existente	1

**Tabla 3: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LOI**

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>I</b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>R</b>	<b>LOI</b>
Se produce LORHR o t < 20 min.	N/A	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	Sí	1
20 min. < t < 40 min.	No	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	No	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	No	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	Sí	2
40 min. < t < 60 min.	No	N/A	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	No	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	No	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	Sí	3
1 h < t < 2 h	No	Sí	Sí	1
1 h < t < 2 h	Sí	No	N/A	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	No	0
t > 2 h	SÍ	Sí	Sí	4
t > 2 h	No	Sí	Sí	1
t > 2 h	Sí	No	N/A	0
t > 2 h	Sí	Sí	No	0

- T<sub>1</sub>** Tiempo (t) transcurrido hasta la pérdida del RHR suponiendo que no se produce ninguna acción por parte del Grupo de Operación.
- I** ¿La indicación de nivel en el SRR es un reflejo razonable del nivel real en el SRR? y ¿están disponibles las indicaciones de caudal/consumo de las bombas del RHR?
- T<sub>2</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación identificar la fuga en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?
- R** ¿Puede el Grupo de Operación aislar la fuga de modo que se pueda poner en servicio un tren de RHR?
- LOI** Probabilidad de que se produzca el suceso iniciador “Pérdida de inventario (LOI)”.

**Tabla 4: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LORHR**

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>I</b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>LORHR</b>
Se produce LORHR o t < 20 min.	N/A	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	Sí	1
20 min. < t < 40 min.	No	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	No	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	No	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	Sí	2
40 min. < t < 60 min.	No	N/A	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	No	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	No	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	Sí	3
1 h < t < 2 h	No	Sí	Sí	1
1 h < t < 2 h	Sí	No	N/A	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	No	0
t > 2 h	SÍ	Sí	Sí	4
t > 2 h	No	Sí	Sí	1
t > 2 h	Sí	No	N/A	0
t > 2 h	Sí	Sí	No	0

**T<sub>1</sub>** Tiempo (t) transcurrido hasta la pérdida del RHR suponiendo que no se produce ninguna acción por parte del Grupo de Operación.

**I** ¿Existen alarmas que detecten el hallazgo y alerten de una alta de temperatura en los termopares de salida del núcleo?

**T<sub>2</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación identificar la posible pérdida del RHR en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?

**T<sub>3</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación recuperar la posible pérdida del RHR en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?

**LORHR** Probabilidad de que se produzca el suceso iniciador “Pérdida de la evacuación de calor residual (LORHR)”.

**Tabla 5: Frecuencias de los sucesos iniciadores (hallazgos de condición, reactores PWR)**

Fila	Frecuencia aproximada	Suceso iniciador	Probabilidad Suceso Iniciador		
			1	2	3
I	> 1 cada 1-10 años	LOOP Pérdida de Energía Eléctrica Exterior LORHR Pérdida del RHR	1	2	3
II	1 cada 10-10 <sup>2</sup> años	LOI Pérdida de Inventario	2	3	4
III	1 cada 10-10 <sup>2</sup> años	LOLC Pérdida de Control de Nivel	2	2	2
			>30 días	3-30 días	<3 días
			Tiempo exposición condición degradada		

**Tabla 6: Crédito de la capacidad de mitigación remanente para equipos instalados**

Tipo de capacidad de mitigación remanente	Crédito
<p><b>Recuperación de un tren fallado</b></p> <p>Acción del operador para recuperar el equipo defectuoso apto para ser recuperado tras un suceso iniciador. La acción puede tener lugar en Sala de Control o fuera de Sala de Control y se asume que tiene una probabilidad de fallo de aproximadamente 0,1 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”. Sólo se debería conceder crédito si se satisfacen los siguientes criterios: (1) hay suficiente tiempo disponible; (2) las condiciones medioambientales permiten el acceso requerido; (3) existen procedimientos que describen las acciones apropiadas del operador; (4) se lleva a cabo una formación sobre los procedimientos existentes en condiciones similares; y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.</p>	1
<p><b>1 tren automático accionado por vapor (ASD, <i>Automatic Steam Driven</i>)</b></p> <p>Grupo de equipos asociados que incluye un único componente accionado por turbina para proporcionar el 100% de una función de seguridad específica. La probabilidad de que este tren no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento se asume que es aproximadamente 0,1 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”.</p>	1
<p><b>1 tren</b></p> <p>Grupo de equipos asociados (p. ej.: bombas, válvulas, interruptores, etc.) que pueden proporcionar en su conjunto el 100% de una función de seguridad específica. La probabilidad de que este equipo no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento es aproximadamente 1 E-2 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”.</p>	2
<p><b>1 sistema multi-tren</b></p> <p>Sistema compuesto por dos o más trenes (tal y como se define anteriormente) que se considera susceptible a modos de fallo de causa común. La probabilidad de que este equipo no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento es aproximadamente 1 E-3 cuando le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”, con independencia del número de trenes que compongan el sistema.</p>	3
<p><b>2 trenes diversos</b></p> <p>Sistema compuesto por dos o más trenes (tal y como se define anteriormente) que no se considera susceptible a fallos de causa común. La probabilidad de que este equipo no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento es aproximadamente 1 E-4 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”.</p>	4 (=2+2)

**Tabla 7: Crédito de la capacidad de mitigación remanente para equipos temporales**

Capacidad de mitigación	Crédito
Equipo disponible a potencia y en parada	Similar al SDP a potencia
Equipo disponible sólo en parada	1

**Tabla 8: Tiempos de ebullición, descubrimiento y daño al núcleo (APSOM Surry, NUREG/CR-6144, Tabla 5.4-20, desde condiciones de medio lazo y  $T_{SRR} = 140 \text{ F}$ )**

<b>Tiempo tras parada</b>	t < 75 h	75 h < t < 240 h	240 h < t < 32 días	t > 32 días
<b>Calor desintegración</b>	13 MW (2 días)	10 MW (5 días)	7 MW (12 días)	5 MW (32 días)
<b>Tiempo ebullición</b>	15 min.	20 min.	27 min.	37 min.
<b>Tiempo descubrimiento</b>	120 min.	157 min.	209 min.	273 min.
<b>Tiempo daño núcleo</b>	219 min.	297 min.	411 min.	557 min.

### HOJA DE TRABAJO N° 1: LOLC – PWR EOP 1 (SRR cerrado)

<b>Tiempo para ebullición:</b>	<b>Tiempo descubrimiento del núcleo:</b>	<b>Tiempo daño al núcleo:</b>		
	<b>(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)</b>			
<b>Funciones de seguridad</b>	<b>Criterios de éxito e instrumentación importante</b>	<b>Crédito equipo</b>	<b>Crédito operador</b>	<b>Crédito función</b>
Evacuación de calor a través del secundario (SG)	El operador mantiene la refrigeración vía GV's si: (1) mantiene un nivel adecuado, (2) extrae el vapor, y (3) permanece cerrado el SRR. Se necesita indicación de nivel y presión en GV's e indicación de los termopares de salida del núcleo.		3 (Nota 1)	
Feed and Bleed (F&B)	Para que el operador inicie la inyección al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere un tren de IS en espera o cualquier otro tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Además de abrir un camino de venteo del SRR (para control de la presión). Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		2 (Nota 2)	
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR antes del vaciado del TAAR o inicia un método alternativo de evacuación de calor residual al de "feed and bleed". Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		3 (Nota 3)	
Reposición del TAAR (RWSTMU)	El operador inicia el rellanado del TAAR antes de su vaciado y de que se produzca daño al núcleo. Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, en el TAAR (Nota 4).		2 (Nota 5)	

<sup>1</sup> Si hay procedimientos y análisis.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

<sup>4</sup> Si el Titular tiene suficiente inventario en el TAAR para 24 horas, esta función debe de considerarse en éxito.

<sup>5</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR y de daño al núcleo es mayor de 13 horas.



**HOJA DE TRABAJO Nº 1: LOLC – PWR EOP 1 (SRR cerrado)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOLC – SG – RHR-R – RWSTMU (4)				
LOLC – SG – F&B (5)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO Nº 2: LOLC – PWR EOP 2 (SRR abierto)**

Tiempo para ebullición:		Tiempo descubrimiento del núcleo:		Tiempo daño al núcleo:	
(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)					
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función	
Inyección SRR (FEED)	Para que el operador inicie la inyección al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere un tren de IS en espera o cualquier otro tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto.  Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		4 (Nota 1)		
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR antes del vaciado del TAAR.  Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		3 (Nota 2)		
Reposición del TAAR (RWSTMU)	El operador inicia el rellanado del TAAR antes de su vaciado y de que se produzca daño al núcleo.  Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, en el TAAR (Nota 3).		2 (Nota 4)		

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

<sup>3</sup> Si el Titular tiene suficiente inventario en el TAAR para 24 horas, esta función debe de considerarse en éxito.

<sup>4</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR y de daño al núcleo es mayor de 13 h.

**HOJA DE TRABAJO Nº 2: LOLC – PWR EOP 2 (SRR abierto)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOLC – RHR-R – RWSTMU (3)				
LOLC – FEED (5)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO N° 3: LOOP – PWR EOP 1 (SRR cerrado)**

Tiempo para ebullición:	Tiempo descubrimiento del núcleo:	Tiempo daño al núcleo:		
	(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)			
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función
Recuperación suministro eléctrico barra de salvaguardia (EAC)	Arranque y conexión de un generador diesel o de una fuente alternativa <sup>1</sup> .			
Evacuación de calor a través del secundario (SGSBO)	El operador mantiene la refrigeración vía GV's si: (1) mantiene un nivel adecuado, (2) extrae el vapor, y (3) permanece cerrado el SRR.  Se necesita indicación de nivel y presión en GV's e indicación de los termopares de salida del núcleo.		3 (Nota 2)	
Recuperación suministro eléctrico antes de daño al núcleo (RLOOP3)	Recuperación de la energía eléctrica exterior antes de daño al núcleo cuando falla la evacuación de calor a través del secundario.	1 (Nota 3)	NA	

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOOP – EAC – SGSBO – RLOOP3 (4)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

<sup>1</sup> La fuente alternativa debe poder acoplarse al menos una hora antes de alcanzar las condiciones de corte del RHR.

<sup>2</sup> Si hay procedimientos y análisis.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es de 3 horas.

**HOJA DE TRABAJO N° 4: LOOP – PWR EOP 2 (SRR abierto)**

Tiempo para ebullición:		Tiempo descubrimiento del núcleo:		Tiempo daño al núcleo:	
(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)					
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función	
Recuperación suministro eléctrico barra de salvaguardia (EAC)	Arranque y conexión de un generador diesel o de una fuente alternativa <sup>1</sup> .				
Reposición de inventario por gravedad (GRAVITY)	Aportación de inventario por gravedad antes de daño al núcleo. Se debe disponer de procedimientos, análisis e indicación de los termopares de salida del núcleo.		3		
Recuperación suministro eléctrico antes de daño al núcleo (RLOOP4)	Recuperación de la energía eléctrica exterior antes de daño al núcleo cuando falla la reposición de inventario por gravedad (se supone que el tiempo de daño al núcleo es de 4 h).	1	NA		
Recuperación suministro eléctrico antes de daño al núcleo (RLOOP18)	Recuperación de la energía eléctrica exterior antes de daño al núcleo con éxito en la reposición de inventario por gravedad (se supone que el tiempo de daño al núcleo es de 18 h).	2	NA		

<sup>1</sup> La fuente alternativa debe poder acoplarse al menos una hora antes de alcanzar las condiciones de daño al núcleo.

**HOJA DE TRABAJO N° 4: LOOP – PWR EOP 1 (SRR cerrado)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOOP – EAC – RLOOP18 (3)				
LOOP – EAC – GRAVITY – RLOOP4 (5)				
<p>Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:</p> <p>Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.</p>				

**HOJA DE TRABAJO Nº 5: LOI – PWR EOP 1 (SRR cerrado)**

<b>Tiempo para ebullición:</b>		<b>Tiempo descubrimiento del núcleo:</b>		<b>Tiempo daño al núcleo:</b>	
<b>(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)</b>					
<b>Funciones de seguridad</b>	<b>Criterios de éxito e instrumentación importante</b>	<b>Crédito equipo</b>	<b>Crédito operador</b>	<b>Crédito función</b>	
Inyección SRR (FEED)	Para que el operador inicie la inyección al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere un tren de IS en espera o cualquier otro tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		4 (Nota 1)		
Aislamiento de la fuga antes del vaciado del TAAR (LEAK-STOP)	Es necesario disponer de al menos una válvula para el aislamiento, de modo que pueda recuperarse un RHR. Se necesita indicación de nivel en el SRR.	3 (para una válvula) 4 (para dos válvulas)	3 (Nota 2)		
Aislamiento de la fuga antes del descubrimiento del núcleo (LEAK-STOP2)	Es necesario disponer de al menos una válvula para el aislamiento, de modo que pueda recuperarse un RHR. Se necesita indicación de nivel en el SRR.	3 (para una válvula) 4 (para dos válvulas)	2		
Evacuación de calor a través del secundario (SG)	El operador mantiene la refrigeración vía GV's si: (1) mantiene un nivel adecuado, (2) extrae el vapor, y (3) permanece cerrado el SRR. Se necesita indicación de nivel y presión en GV's e indicación de los termopares de salida del núcleo.		3 (Nota 3)		
Purga SRR (BLEED)	Abrir un camino de venteo del SRR para recuperar la evacuación de calor residual. Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		4		

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

<sup>3</sup> Si hay procedimientos y análisis.

### HOJA DE TRABAJO N° 5: LOI – PWR EOP 1 (SRR cerrado)

Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR antes del vaciado del TAAR. Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		3 (Nota 1)	
Reposición del TAAR (RWSTMU)	El operador inicia el rellanado del TAAR antes de su vaciado y de que se produzca daño al núcleo. Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, en el TAAR (Nota 2).		2 (Nota 3)	

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOI – SG – RHR-R – RWSTMU (4)				
LOI – SG – BLEED (5)				
LOI – LEAK-STOP – RWSTMU (7)				
LOI – FEED – SG (9)				
LOI – FEED – LEAK-STOP2 (10)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

<sup>2</sup> Si el Titular tiene suficiente inventario en el TAAR para 24 horas, esta función debe de considerarse en éxito.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR y de daño al núcleo es mayor de 13 horas.



**HOJA DE TRABAJO Nº 6: LOI – PWR EOP 2 (SRR abierto)**

<b>Tiempo para ebullición:</b>		<b>Tiempo descubrimiento del núcleo:</b>		<b>Tiempo daño al núcleo:</b>	
<b>(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)</b>					
<b>Funciones de seguridad</b>	<b>Criterios de éxito e instrumentación importante</b>	<b>Crédito equipo</b>	<b>Crédito operador</b>	<b>Crédito función</b>	
Inyección SRR (FEED)	Para que el operador inicie la inyección al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere un tren de IS en espera o cualquier otro tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto.  Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		4 (Nota 1)		
Aislamiento de la fuga antes del vaciado del TAAR (LEAK-STOP)	Es necesario disponer de al menos una válvula para el aislamiento, de modo que pueda recuperarse un RHR.  Se necesita indicación de nivel en el SRR.	3 (para una válvula) 4 (para dos válvulas)	3 (Nota 2)		
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR antes del vaciado del TAAR.  Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		3 (Nota 3)		
Reposición del TAAR (RWSTMU)	El operador inicia el rellanado del TAAR antes de su vaciado y de que se produzca daño al núcleo.  Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, en el TAAR (Nota 4).		2 (Nota 5)		

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

Si el camino de fuga es hacia el TAAR se debe utilizar un “crédito operador” = 5 para tener en cuenta el no vaciado del TARR pero si su calentamiento.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

<sup>4</sup> Si el Titular tiene suficiente inventario en el TAAR para 24 horas, esta función debe de considerarse en éxito.

<sup>5</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR y de daño al núcleo es mayor de 13 h.

**HOJA DE TRABAJO N° 6: LOI – PWR EOP 2 (SRR abierto)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOI – RHR-R – RWSTMU (3)				
LOI – LEAK-STOP – RWSTMU (5)				
LOI – FEED (6)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO Nº 7: LOI – PWR EOP 3 (Cavidad inundada)**

Tiempo para ebullición:		Tiempo descubrimiento del núcleo:		Tiempo daño al núcleo:	
(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)					
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función	
Inyección SRR (FEED)	Para que el operador inicie la inyección/recirculación del aporte al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere cualquier tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. En el caso de recirculación se debe verificar la disponibilidad de los sumideros de contención.  Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		4 (Nota 1)		
Aislamiento de la fuga antes del daño al núcleo (LEAK-STOP)	Es necesario disponer de al menos una válvula para el aislamiento, de modo que pueda recuperarse un RHR.	3 (para una válvula) 4 (para dos válvulas)	3 (Nota 2)		
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR  Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		3 (Nota 3)		

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

**HOJA DE TRABAJO N° 7: LOI – PWR EOP 3 (Cavidad inundada)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOI – RHR-R (2)				
LOI – LEAK-STOP (3)				
LOI – FEED (6)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO Nº 8: LORHR – PWR EOP 1 (SRR cerrado)**

<b>Tiempo para ebullición (TBB):</b>		<b>Tiempo descubrimiento del núcleo:</b>		<b>Tiempo daño al núcleo:</b>	
<b>(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)</b>					
<b>Funciones de seguridad</b>	<b>Criterios de éxito e instrumentación importante</b>	<b>Crédito equipo</b>	<b>Crédito operador</b>	<b>Crédito función</b>	
Arranque de un RHR en reserva (RHR-S)	El operador restablece la evacuación de calor residual con un tren de RHR en reserva antes de la ebullición del núcleo. Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		Nota 1		
Evacuación de calor a través del secundario (SG)	El operador mantiene la refrigeración vía GV's si: (1) mantiene un nivel adecuado, (2) extrae el vapor, y (3) permanece cerrado el SRR. Se necesita indicación de nivel y presión en GV's e indicación de los termopares de salida del núcleo.		3 (Nota 2)		
Feed and Bleed (F&B)	Para que el operador inicie la inyección al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere un tren de IS en espera o cualquier otro tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Además de abrir un camino de venteo del SRR (para control de la presión). Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		2 (Nota 3)		
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR antes del vaciado del TAAR. Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		2 (Nota 4)		

<sup>1</sup> Crédito = 0 si TBB < 20 min.

Si se identifica la pérdida del RHR y se puede poner en servicio el tren en reserva en ½ TBB, entonces el crédito sería = 1 (20 min. < TBB < 40 min.), 2 (40 min. < TBB < 1 h) ó 3 ( TBB > 1 h).

<sup>2</sup> Si hay procedimientos y análisis.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>4</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

### HOJA DE TRABAJO Nº 8: LORHR – PWR EOP 1 (SRR cerrado)

Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función
Reposición del TAAR (RWSTMU)	El operador inicia el rellanado del TAAR antes de su vaciado y de que se produzca daño al núcleo. Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, en el TAAR (Nota 1).		2 (Nota 2)	

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LORHR – RHR-S – SG – RHR-R – RWSTMU (5)				
LORHR – RHR-S – SG – F&B (6)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

<sup>1</sup> Si el Titular tiene suficiente inventario en el TAAR para 24 horas, esta función debe de considerarse en éxito.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR y de daño al núcleo es mayor de 16 horas.

**HOJA DE TRABAJO N° 9: LORHR – PWR EOP 2 (SRR abierto)**

Tiempo para ebullición:		Tiempo descubrimiento del núcleo:		Tiempo daño al núcleo:	
(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)					
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función	
Arranque de un RHR en reserva (RHR-S)	El operador restablece la evacuación de calor residual con un tren de RHR en reserva o con la recuperación del un RHR, si se ha quitada la tapa de la vasija, antes de la ebullición del núcleo.  Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		Nota 1		
Inyección SRR (FEED)	Para que el operador inicie la inyección al SRR antes de producirse daño al núcleo se requiere un tren de IS en espera o cualquier otro tren que sea capaz de mantener el núcleo cubierto.  Se necesita indicación de nivel e indicación de los termopares de salida del núcleo.		4 (Nota 2)		
Recuperación de un RHR (RHR-R)	El operador recupera un RHR antes del vaciado del TAAR. Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		2 (Nota 3)		
Reposición del TAAR (RWSTMU)	El operador inicia el rellanado del TAAR antes de su vaciado y de que se produzca daño al núcleo. Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, en el TAAR (Nota 4).		2 (Nota 5)		

<sup>1</sup> Crédito = 0 si TBB < 20 min.

Si se identifica la pérdida del RHR y se puede poner en servicio el tren en reserva en ½ TBB, entonces el crédito sería = 1 (20 min. < TBB < 40 min.), 2 (40 min. < TBB < 1 h) ó 3 ( TBB > 1 h).

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR es mayor de 10 horas.

<sup>4</sup> Si el Titular tiene suficiente inventario en el TAAR para 24 horas, esta función debe de considerarse en éxito.

<sup>5</sup> Se supone que el tiempo de vaciado del TAAR y de daño al núcleo es mayor de 13 horas.

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LORHR – RHR-S – RHR-R – RWSTMU (4)				
LORHR – RHR-S – FEED (5)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.





**Figura 6: Árbol de sucesos LOI – PWR EOP 2**

LOI	FEED	LEAK-STOP	RHR-R	RWSTMU	Est.	N.º
					OK	1
					OK	2
					DN	3
					OK	4
					DN	4
					DN	6

**Figura 7: Árbol de sucesos LOI – PWR EOP 3**

LOI	FEED	LEAK-STOP	RHR-R	Est.	N.º
				OK	1
				DN	2
				DN	3
				DN	4

**Figura 8: Árbol de sucesos LORHR – PWR EOP 1**

LORHR	RHR-S	SG	F&B	RHR-R	RWSTMU	Est.	N.º
						OK	1
						OK	2
						OK	3
						OK	4
						DN	6
						DN	7

**Figura 9: Árbol de sucesos LORHR – PWR EOP 2**

LORHR	RHR-S	FEED	RHR-R	RWSTMU	Est.	N.º
					OK	1
					OK	2
					OK	3
					DN	4
					DN	5

## ANEXO III

### FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICACIÓN BWR

#### **1. CONDICIONES DE ENTRADA**

Este anexo es un documento de trabajo para valorar los hallazgos, en reactores tipo BWR, dentro de la Fase 2 del proceso de determinación de la significación para operaciones en parada.

En esta Fase 2 se procede a una categorización de los hallazgos que han sido seleccionados tras comprobar su influencia en alguna de las cinco funciones de seguridad identificadas en el documento NUMARC 91-06 (Fase 1) o se produce un suceso que podría caracterizarse como pérdida de control (Tabla 1 del documento principal).

#### **2. DEFINICIONES**

##### **Sucesos iniciadores de parada**

Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP): aquellas pérdidas en el suministro de energía eléctrica exterior que producen la pérdida de la evacuación de calor residual.

Pérdida de inventario (LOI): pérdidas de inventario en el SRR que conducen a una pérdida de RHR.

Pérdida de la evacuación de calor residual (LORHR): incluye las pérdidas de RHR debidas a fallos en el propio sistema de evacuación de calor residual (como el fallo de la bomba de RHR) o fallos en sus sistemas soporte, que no sean del tipo de pérdida de energía eléctrica exterior.

##### **Tipos de hallazgos**

Hallazgo precursor: cualquier hallazgo que: (1) puede causar la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento, (2) aumenta la probabilidad de que el tren del sistema de evacuación de calor residual que esta funcionamiento se pierda o (3) causa la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento.

Hallazgo de condición: cualquier hallazgo que supone una degradación en la capacidad del Titular para mitigar un suceso iniciador en parada.

##### **Estados Operacionales de la Planta (EOP)**

EOP 1: su inicio se produce cuando el sistema de evacuación de calor residual se pone en servicio y representa aquellas configuraciones en la que la tapa de la vasija está puesta.

Este EOP incluye el Modo 3 (Parada Caliente) y el Modo 4 (Parada Fría).

EOP 2: este EOP representa aquellas configuraciones en las que la tapa de la vasija está quitada y el nivel de agua en la vasija del reactor es menor que el nivel mínimo requerido para el movimiento de combustible, tal y como se define en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

Este EOP se produce durante el Modo 5 (Recarga).

EOP 3: este EOP representa aquellas configuraciones en las que el nivel de agua en la cavidad es igual o mayor que el nivel mínimo requerido, en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, para el movimiento de combustible.

Este EOP se produce durante Modo 5 (Recarga).

### **Ventanas temporales**

Ventana temporal inicial (TW-E): representa aquellas configuraciones (EOP 1 ó EOP 2) anteriores a la entrada en el EOP 3. Esta ventana temporal se caracteriza por un calor de desintegración relativamente alto.

Ventana temporal final (TW-L): representa aquellas configuraciones (EOP 1 ó EOP 2) posteriores al EOP 3. Esta ventana temporal se caracteriza por un calor de desintegración relativamente bajo.

### **Otras definiciones**

Operaciones de parada: operaciones durante Parada Caliente, Parada Fría y Recarga en las que un elemento combustible está en la vasija del reactor y el sistema de evacuación de calor residual está en funcionamiento.

## **3. LÍMITES Y PRECAUCIONES**

- A la hora de categorizar un hallazgo el analista debe entender: (1) las diferencias entre un hallazgo precursor y de condición, (2) las diferencias entre los distintos estados operacionales de la planta (EOP) y (3) los sucesos iniciadores o escenarios considerados en parada.
- En el proceso de categorización de un hallazgo, teniendo en cuenta las distintas configuraciones de la central así como los tiempos involucrados, se deben evaluar todas las secuencias que pueden verse afectadas.
- La disponibilidad de un sistema de inyección al SRR en espera junto al posible error humano en su puesta en servicio son las principales causas de riesgo en parada. En la mayoría de los casos en los que se dispone de un sistema de inyección, dicho aporte amplía el margen de tiempo para realizar otras acciones de recuperación por parte del Grupo de Operación (por ejemplo, aislamiento del camino de fuga, recuperación del RHR, etc.). Si existen factores que pueden afectar a la disponibilidad de un sistema de inyección al SRR, como por ejemplo la posible cavitación de las bombas por la presencia de bolsas de aire o

de posible indisponibilidad de algún sistema soporte, estos factores (hipótesis) se convierten es significativos para el riesgo y deben evaluarse cuidadosamente.

- Los hallazgos relacionados con la pérdida de inventario debido a un fallo en un tapón de hielo no pueden ser evaluados mediante esta Fase 2 y deber ser categorizados de forma directa en la Fase 3.
- Aquellos hallazgos relacionados con el cierre de la contención deben ser evaluados mediante el procedimiento PT.IV.303.

#### **4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICACIÓN**

##### **PASO 4.1: TRANSICIÓN DESDE FASE 1 DEL SDP**

###### **PRECAUCIÓN**

- Un equipo/sistema se considera disponible si se cumplen todas y cada una de las siguientes condiciones: (1) puede ponerse en servicio en la mitad del tiempo que necesita para realizar su función, (2) existen procedimientos u órdenes permanentes para usarlo de forma que cumple su función, (3) todos los sistemas soporte están disponibles, y (4) el grupo de operación ha sido formado para utilizarlo en la situación dada.
- La disponibilidad de un sistema de inyección al SRR en espera junto al posible error humano en su puesta en servicio son las principales causas de riesgo en parada. En la mayoría de los casos en los que se dispone de un sistema de inyección, dicho aporte amplía el margen de tiempo para realizar otras acciones de recuperación por parte del Grupo de Operación (por ejemplo, aislamiento del camino de fuga, recuperación del RHR, etc.). Si existen factores que pueden afectar a la disponibilidad de un sistema de inyección al SRR, como por ejemplo la posible cavitación de las bombas por la presencia de bolsas de aire o la posible indisponibilidad de algún sistema soporte, estos factores (hipótesis) se convierten es significativos para el riesgo y deben evaluarse cuidadosamente.

PASO 4.1.1: Se debe utilizar toda la información recopilada en la Fase 1 para identificar el conjunto de sistemas y/o componentes previstos por el Titular para cumplir con las siguientes funciones de seguridad: inyección al SRR y control de presión en el SRR, si procede.

##### **PASO 4.2: DETERMINACIÓN DEL TIPO DE HALLAZGO: PRECURSOR DE UN SUCESO INICIADOR (PÉRDIDA DE LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE CALOR RESIDUAL) O DE CONDICIÓN**

###### **NOTA**

- Un hallazgo precursor es aquel que: (1) puede causar la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento, (2) aumenta la probabilidad de que el tren del sistema de evacuación de calor residual que este en funcionamiento se pierda

o (3) causa la pérdida de un tren del sistema de evacuación de calor residual en funcionamiento.

- Un hallazgo de condición es cualquier hallazgo que supone una degradación en la capacidad del Titular para mitigar un suceso iniciador en parada.

Para un hallazgo precursor pasar al PASO 4.3 y para uno de condición pasar al PASO 4.4.

### **PASO 4.3: CATEGORIZACIÓN DE UNA HALLAZGO PRECURSOR DE UN SUCESO INICIADOR**

PASO 4.3.1: Identificar cada EOP y cada ventana temporal en el cual podría haberse producido el hallazgo.

PASO 4.3.2: Determinar la probabilidad de tener una pérdida en la función de evacuación de calor residual como consecuencia del hallazgo:

- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) o lo acaba causando, se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 1).
- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida de inventario (LOI) o lo acaba causando, se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 2).
- Si el hallazgo aumenta la probabilidad de una pérdida del tren del RHR en funcionamiento (LORHR) o lo acaba causando (salvo para LOOP y LOI), se debe determinar la probabilidad condicional de este suceso iniciador (Tabla 3).
- Si el hallazgo esta relacionado con un sistema soporte del RHR (salvo LOOP y LOI), el suceso iniciador aplicable será LORHR, teniendo que determinar su probabilidad condicional (Tabla 3).

PASO 4.3.3: Utilizar las hojas de trabajo del SDP Fase 2 que contengan el EOP aplicable (PASO 4.3.1) y los posibles sucesos iniciadores identificados (PASO 4.3.2).

PASO 4.3.4: Introducir el tiempo estimado de ebullición, descubrimiento del núcleo y de daño al núcleo.

PASO 4.3.5: Introducir la frecuencia estimada del suceso iniciador (PASO 4.3.2).

PASO 4.3.6: Determinar el crédito de cada una de las funciones:

- Verificar que para la función afectada, el Titular dispone de la instrumentación necesaria.
- Crédito del equipo: considerar cada sistema disponible que sea (1) capaz de mantener la función analizada, y (2) no se vea afectado por el hallazgo.

Utilizar las directrices indicadas en las Tablas 5 y 6, documentando las hipótesis realizadas.

- Crédito del operador: considerar el crédito por defecto indicado en las hojas de trabajo, a no ser que pueda aplicarse cualquiera de las siguientes condiciones:
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el Titular no dispone de la instrumentación necesaria o dicha instrumentación no refleja las condiciones en el SRR.
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si la acción debe de realizarse en coincidencia con fallos de equipos o en unas condiciones ambientales extremas (por ejemplo: vapor, alta radiación, etc.).
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el tiempo de diagnóstico es inferior a 20 minutos o el tiempo para realizar la acción es aproximadamente igual al tiempo requerido.
  - El crédito del operador disminuirá en 1 si los procedimientos son incompletos.

Si el crédito del operador por defecto cambia y éste es negativo, el crédito a considerador será cero.

- Determinar el crédito de cada una de las funciones, seleccionando el valor mínimo de los valores dados en el crédito del equipo y del operador.

PASO 4.3.7: Cuantificar todos los escenarios de daño al núcleo, no dando crédito en esta Fase 2 al crédito de recuperación.

PASO 4.3.8: Determinar la frecuencia del hallazgo:

- Si el hallazgo se produce en parada, la estimación de la significación para el riesgo del hallazgo se realiza de la misma forma que a potencia (PT.IV.301), en donde la probabilidad condicionada de daño al núcleo debida al hallazgo se interpreta directamente como un aumento de la frecuencia de daño al núcleo.
- Si el hallazgo necesita un suceso aleatoria para revelarse, la categorización del hallazgo se determina teniendo en cuenta:

$$\Delta FDN = f_{\text{hallazgo}} \times \{ \Delta FDN_{\text{EOP1}} + \Delta FDN_{\text{EOP2}} + \Delta FDN_{\text{EOP3}} \}$$

Siendo:

$f_{\text{hallazgo}}$  Frecuencia del hallazgo

$$\Delta FDN_{\text{EOP1}} = (\text{n}^\circ \text{ paradas/año}) \times (\text{n}^\circ \text{ días EOP1/parada}) \times (1 \text{ año}/365 \text{ días}) \times \text{CCDP}_{\text{EOP1}}$$

$$\Delta FDN_{\text{EOP2}} = (\text{n}^\circ \text{ paradas/año}) \times (\text{n}^\circ \text{ días EOP2/parada}) \times (1 \text{ año}/365 \text{ días}) \times \text{CCDP}_{\text{EOP2}}$$

$$\Delta FDN_{\text{EOP3}} = (\text{n}^\circ \text{ paradas/año}) \times (\text{n}^\circ \text{ días EOP2/parada}) \times (1 \text{ año}/365 \text{ días}) \times \text{CCDP}_{\text{EOP3}}$$

Donde el término  $\Delta\text{FDN}_{\text{EOP3}}$  es prácticamente despreciable.

#### **PASO 4.4: CATEGORIZACIÓN DE UN HALLAZGO DE CONDICIÓN**

##### NOTA

Sólo se cuantifican los escenarios de daño al núcleo afectados por el hallazgo.

PASO 4.4.1: Se seleccionan los sucesos iniciadores aplicables mediante la identificación del equipo o de las funciones de seguridad afectadas, y se determinan los escenarios que deben evaluarse.

PASO 4.4.2: Se determina el tiempo de exposición, teniendo en cuenta que en aquellos hallazgos que abarquen más de un EOP se debe determinar un tiempo de exposición para cada uno de los EOP involucrados.

Se determina la frecuencia de cada uno de los sucesos iniciadores a analizar (Tabla 4).

PASO 4.4.3: Usar las hojas de trabajo del SDP que contengan los EOP y los sucesos iniciadores que se determinaron como aplicables en el PASO 4.4.2. En cada una de las hojas de trabajo realizar los siguientes pasos.

PASO 4.4.4: Introducir el tiempo estimado de ebullición, descubrimiento del núcleo y de daño al núcleo.

PASO 4.4.5: Introducir la frecuencia estimada del suceso iniciador (PASO 4.4.2).

PASO 4.4.6: Determinar el crédito de cada una de las funciones afectadas por el hallazgo:

- Verificar que para la función afectada, el Titular dispone de la instrumentación afectada.
- Crédito del equipo: considerar cada sistema disponible que sea (1) capaz de mantener la función analizada, y (2) no se vea afectado por el hallazgo.

Utilizar las directrices indicadas en las Tablas 5 y 6, documentando las hipótesis realizadas.

- Crédito del operador: considerar el crédito por defecto indicado en las hojas de trabajo, a no ser que pueda aplicarse cualquiera de las siguientes condiciones:
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si el Titular no dispone de la instrumentación necesaria o dicha instrumentación no refleja las condiciones en el SRR.
  - El crédito del operador disminuirá en 2 si la acción debe de realizarse en coincidencia con fallos de equipos o en unas condiciones ambientales extremas (por ejemplo: vapor, alta radiación, etc.).



- El crédito del operador disminuirá en 2 si el tiempo de diagnóstico es inferior a 20 minutos o el tiempo para realizar la acción es aproximadamente igual al tiempo requerido.
- El crédito del operador disminuirá en 1 si los procedimientos son incompletos.

Si el crédito del operador por defecto cambia y éste es negativo, el crédito a considerador será cero.

- Determinar el crédito de cada una de las funciones, seleccionando el valor mínimo de los valores dados en el crédito del equipo y del operador.

PASO 4.4.7: Cuantificar todos los escenarios de daño al núcleo, no dando crédito en esta Fase 2 al crédito de recuperación.

Analizar todas las hojas de trabajo afectadas por el hallazgo.

Estimar la significación para el riesgo del hallazgo de la misma forma que a potencia (PT.IV.301).

## **5. ABREVIATURAS**

CCDP	Conditional Core Damage Probability (Probabilidad Condicional de Daño al Núcleo)
ECCS	Emergency Core Cooling System (Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo)
EOP	Estados Operacionales de la Planta
FDN	Frecuencia de Daño al Núcleo
HPCI	High Pressure Core Injection (Sistema de Inyección de Agua a Alta Presión)
LOI	Loss of Reactor Inventory Initiating Event (Pérdida de Inventario)
LOOP	Loss of Offsite Power (Pérdida de Energía Eléctrica Exterior)
LORHR	Loss of RHR Initiating Event (Pérdida del RHR)
LPCI	Low Pressure Core Injection (Sistema de Inyección de Agua a Baja Presión)
RHR	Residual Heat Removal (Evacuación de Calor Residual)
RWCU	Reactor Water CleanUp (Sistema de Limpieza y Purificación del Agua del Reactor)
SRR	Sistema de Refrigerante del Reactor
SRV	Safety Relief Valve (Válvula de Alivio y Seguridad)

**Tabla 1: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LOOP**

<b>Tipo de precursor</b>	<b>LOOP</b>
Se produce LOOP	0
Actividades de trabajo que puedan afectar al suministro de energía eléctrica existente	1

**Tabla 2: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LOI**

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>I</b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>R</b>	<b>LOI</b>
Se produce LORHR o t < 20 min.	N/A	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	Sí	1
20 min. < t < 40 min.	No	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	No	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	No	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	Sí	2
40 min. < t < 60 min.	No	N/A	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	No	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	No	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	Sí	3
1 h < t < 2 h	No	Sí	Sí	1
1 h < t < 2 h	Sí	No	N/A	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	No	0
t > 2 h	SÍ	Sí	Sí	4
t > 2 h	No	Sí	Sí	1
t > 2 h	Sí	No	N/A	0
t > 2 h	Sí	Sí	No	0

- T<sub>1</sub>** Tiempo (t) transcurrido hasta la pérdida del RHR por aislamiento nivel 3 suponiendo que no se produce ninguna acción por parte del Grupo de Operación.
- I** ¿La indicación de nivel en el SRR es un reflejo razonable del nivel real en el SRR?
- T<sub>2</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación identificar la fuga en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?
- R** ¿Puede el Grupo de Operación aislar la fuga de modo que se pueda poner en servicio un tren de RHR?
- LOI** Probabilidad de que se produzca el suceso iniciador “Pérdida de inventario (LOI)”.

**Tabla 3: Probabilidad de un suceso iniciador tipo LORHR**

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>I</b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>LORHR</b>
Se produce LORHR o t < 20 min.	N/A	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	Sí	1
20 min. < t < 40 min.	No	N/A	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	No	N/A	0
20 min. < t < 40 min.	Sí	Sí	No	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	Sí	2
40 min. < t < 60 min.	No	N/A	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	No	N/A	0
40 min. < t < 60 min.	Sí	Sí	No	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	Sí	3
1 h < t < 2 h	No	Sí	Sí	1
1 h < t < 2 h	Sí	No	N/A	0
1 h < t < 2 h	Sí	Sí	No	0
t > 2 h	SÍ	Sí	Sí	4
t > 2 h	No	Sí	Sí	1
t > 2 h	Sí	No	N/A	0
t > 2 h	Sí	Sí	No	0

**T<sub>1</sub>** Tiempo (t) transcurrido hasta la pérdida del RHR suponiendo que no se produce ninguna acción por parte del Grupo de Operación.

**I** ¿Existe alarmas que detecten el hallazgo?

**T<sub>2</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación identificar la posible pérdida del RHR en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?

**T<sub>3</sub>** ¿Puede el Grupo de Operación recuperar la posible pérdida del RHR en un tiempo inferior a la mitad del tiempo para la pérdida del RHR?

**LORHR** Probabilidad de que se produzca el suceso iniciador “Pérdida de la evacuación de calor residual (LORHR)”.

**Tabla 4: Frecuencias de sucesos iniciadores (hallazgos de condición, reactores BWR)**

Fila	Frecuencia aproximada	Suceso iniciador	Probabilidad Suceso Iniciador		
			0	1	2
0	> 1 al año	LORHR Pérdida del RHR	0	1	2
I	> 1 cada 1-10 años	LOOP Pérdida de Energía Eléctrica Exterior	1	2	3
II	1 cada 10-10 <sup>2</sup> años	LOI Pérdida de Inventario	2	3	4
			>30 días	3-30 días	<3 días
			Tiempo exposición condición degradada		

**Tabla 5: Crédito de la capacidad de mitigación remanente para equipos instalados**

Tipo de capacidad de mitigación remanente	Crédito
<b>Recuperación de un tren fallado</b> Acción del operador para recuperar el equipo defectuoso apto para ser recuperado tras un suceso iniciador. La acción puede tener lugar en Sala de Control o fuera de Sala de Control y se asume que tiene una probabilidad de fallo de aproximadamente 0,1 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”. Sólo se debería conceder crédito si se satisfacen los siguientes criterios: (1) hay suficiente tiempo disponible; (2) las condiciones medioambientales permiten el acceso requerido; (3) existen procedimientos que describen las acciones apropiadas del operador; (4) se lleva a cabo una formación sobre los procedimientos existentes en condiciones similares; y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.	1
<b>1 tren automático accionado por vapor (ASD, <i>Automatic Steam Driven</i>)</b> Grupo de equipos asociados que incluye un único componente accionado por turbina para proporcionar el 100% de una función de seguridad específica. La probabilidad de que este tren no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento se asume que es aproximadamente 0,1 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”.	1
<b>1 tren</b> Grupo de equipos asociados (p. ej.: bombas, válvulas, interruptores, etc.) que pueden proporcionar en su conjunto el 100% de una función de seguridad específica. La probabilidad de que este equipo no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento es aproximadamente 1 E-2 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”.	2
<b>1 sistema multi-tren</b> Sistema compuesto por dos o más trenes (tal y como se define anteriormente) que se considera susceptible a modos de fallo de causa común. La probabilidad de que este equipo no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento es aproximadamente 1 E-3 cuando le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”, con independencia del número de trenes que compongan el sistema.	3
<b>2 trenes diversos</b> Sistema compuesto por dos o más trenes (tal y como se define anteriormente) que no se considera susceptible a fallos de causa común. La probabilidad de que este equipo no esté disponible debido a un fallo, prueba o mantenimiento es aproximadamente 1 E-4 cuando se le da crédito como “capacidad de mitigación remanente”.	4 (=2+2)

**Tabla 6: Crédito de la capacidad de mitigación remanente para equipos temporales**

Capacidad de mitigación	Crédito
Equipo disponible a potencia y en parada	Similar al SDP a potencia
Equipo disponible sólo en parada	1

**HOJA DE TRABAJO N° 1: LOI – BWR EOP 1 (vasija con tapa)**

Tiempo para ebullición:		Tiempo descubrimiento del núcleo:		Tiempo daño al núcleo:	
<b>(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)</b>					
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función	
Aislamiento fuga (ISOL)	Fuga aislable: aislamiento automático del RHR por señal de bajo nivel en vasija. Se necesita alarma de bajo nivel en vasija.	3	NA		
	Fuga no aislable: fuga en el plenum inferior	0	0		
Arranque automático ECCS (AECCS)	Arranque automático de un tren del ECCS a baja presión		NA		
Arranque manual inyección a baja presión, fuga aislada (MINJ)	Aporte con LPCS, RHR operando en modo LPCI u otro tren de un sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		4 (Nota 1)		
Arranque manual inyección a baja presión, fuga no aislada (MINJX)	Aporte con RHR operando en modo LPCI u otro sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		4 (Nota 2)		
Recuperación evacuación de calor residual, fuga aislada (RHRREC)	El operador recupera un RHR o un medio alternativo de evacuación del calor residual (CRD y RWCU) antes de que se sea necesario el control de presión en el SRR.		4 (Nota 3)		
Control presión SRR (SRV)	El operador reduce la presión en el SRR vía SRV. Se necesita indicación de presión en el SRR.		2		

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de corte del RHR en modo LPCI es mayor de 1 hora.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo, sin aislamiento de la fuga, es mayor de 2 horas.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de corte del RHR en modo LPCI es mayor de 1 hora.

### HOJA DE TRABAJO N° 1: LOI – BWR EOP 1 (vasija con tapa)

Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función
Arranque manual inyección a alta presión (MINJY)	Recuperación de inventario con inyección a alta presión u otro sistema (CRD, HPCI) que sea capaz de mantener el núcleo cubierto.		1	
Ventoe de la contención (CV)	El operador procede al ventoe de la contención. Se necesita una fuente de aporte de inventario a largo plazo.		3	

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOI – RHRREC – CV (3)				
LOI – RHRREC – SRV (4)				
LOI – MINJ – CV (6)				
LOI – MINJ – MINJY (7)				
LOI – ISOL – CV (9)				
LOI – ISOL – SRV (10)				
LOI – ISOL – AECCS – CV (12)				
LOI – ISOL – AECCS – SRV (13)				
LOI – ISOL – AECSS – MINJX (14)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.



**HOJA DE TRABAJO N° 2: LOI – BWR EOP 2 (vasija sin tapa)**

Tiempo para ebullición:	Tiempo descubrimiento del núcleo:	Tiempo daño al núcleo:		
	(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)			
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función
Aislamiento fuga (ISOL)	Fuga aislable: aislamiento automático del RHR por señal de bajo nivel en vasija. Se necesita alarma de bajo nivel en vasija.	3	NA	
	Fuga no aislable: fuga en el plenum inferior	0	0	
Arranque automático ECCS (AECCS)	Arranque automático de un tren del ECCS a baja presión		NA	
Arranque manual inyección a baja presión, fuga aislada (MINJ)	Aporte con LPCS, RHR operando en modo LPCI u otro tren de un sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		4 (Nota 1)	
Arranque manual inyección a baja presión, fuga no aislada (MINJX)	Aporte con RHR operando en modo LPCI u otro sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		4 (Nota 2)	
Recuperación evacuación de calor residual, fuga aislada (RHRREC)	El operador recupera un RHR o un medio alternativo de evacuación del calor residual (CRD y RWCU) antes de que sea necesaria la refrigeración a largo plazo.		4	
Refrigeración a largo plazo (LCOOL)	El operador mantiene una fuente de aporte a largo plazo.		4	

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

**HOJA DE TRABAJO N° 2: LOI – BWR EOP 2 (vasija sin tapa)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOI – RHRREC – LCOOL (3)				
LOI – MINJ (4)				
LOI – ISOL – LCOOL (6)				
LOI – ISOL – AECCS – LCOOL (8)				
LOI – ISOL – AECSS – MINJX (9)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO N° 3: LOI – BWR EOP 3 (cavidad inundada)**

Tiempo para ebullición:	Tiempo descubrimiento del núcleo:	Tiempo daño al núcleo:		
	(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)			
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función
Aislamiento fuga (ISOL)	Fuga aislable: aislamiento automático del RHR por señal de bajo nivel en vasija. Se necesita alarma de bajo nivel en vasija.	3	NA	
	Fuga no aislable: fuga en el plenum inferior	0	0	
Arranque manual inyección a baja presión, fuga aislada (MINJ)	Aporte con LPCS, RHR operando en modo LPCI u otro tren de un sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		4 (Nota 1)	
Arranque manual inyección a baja presión, fuga no aislada (MINJX)	Aporte con RHR operando en modo LPCI u otro sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		4 (Nota 2)	
Recuperación evacuación de calor residual, fuga aislada (RHRREC)	El operador recupera un RHR o un medio alternativo de evacuación del calor residual (CRD y RWCU) antes de que se sea necesaria la refrigeración a largo plazo.		4	
Refrigeración a largo plazo (LCOOL)	El operador mantiene una fuente de aporte a largo plazo.		4	

<sup>1</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

**HOJA DE TRABAJO N° 3: LOI – BWR EOP 3 (cavidad inundada)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOI – RHRREC – LCOOL (3)				
LOI – MINJ (4)				
LOI – ISOL – LCOOL (6)				
LOI – ISOL – MINJX (7)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO N° 4: LOOP – BWR EOP 1 (vasija con tapa)**

Tiempo para ebullición:		Tiempo descubrimiento del núcleo:		Tiempo daño al núcleo:	
(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)					
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo	Crédito operador	Crédito función	
Recuperación suministro eléctrico barra de salvaguardia (EAC)	Arranque y conexión de un generador diesel o de una fuente alternativa <sup>1</sup> .		3 (Nota 2)		
Aporte de inventario y control de presión en el SRR (ACI&SRV)	Aporte de inventario con alguna bomba autónoma (por ejemplo: agua contraincendios) y reducción de la presión en el SRR (por ejemplo: vía SRV).  Se necesita indicación de presión y nivel, con alarma de bajo nivel, en el SRR.		3 (Nota 3)		
Recuperación suministro eléctrico antes de 8 horas (RLOOP8)	Recuperación de la energía eléctrica exterior antes de daño al núcleo, sin aporte al SRR (se suponen 8 horas).	1			
Recuperación suministro eléctrico antes de 20 horas (RLOOP20)	Recuperación de la energía eléctrica exterior después de la descarga total de las baterías y antes de daño al núcleo (12 horas descarga total baterías + 8 horas para daño al núcleo).	2			

<sup>1</sup> La fuente alternativa debe poder acoplarse antes de una hora (tiempo de corte del RHR).

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de corte del RHR es mayor de 1 hora.

<sup>3</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

**HOJA DE TRABAJO N° 4: LOOP – BWR EOP 1 (vasija con tapa)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOOP – EAC – RLOOP20 (4)				
LOOP – EAC – ACI&SRV – RLOOP8 (5)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO N° 5: LOOP – BWR EOP 2 (vasija sin tapa)**

<b>Tiempo para ebullición:</b>		<b>Tiempo descubrimiento del núcleo:</b>		<b>Tiempo daño al núcleo:</b>	
<b>(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)</b>					
<b>Funciones de seguridad</b>	<b>Criterios de éxito e instrumentación importante</b>	<b>Crédito equipo</b>	<b>Crédito operador</b>	<b>Crédito función</b>	
Recuperación suministro eléctrico barra de salvaguardia (EAC)	Arranque y conexión de un generador diesel o de una fuente alternativa. <sup>1</sup>		3		
Aporte de inventario al SRR (ACI)	Aporte de inventario con alguna bomba autónoma (por ejemplo: agua contraincendios). Se necesita indicación de nivel en vasija, con alarma de bajo nivel.		3 (Nota 2)		
Recuperación suministro eléctrico antes de 8 horas (RLOOP8)	Recuperación de la energía eléctrica exterior antes de daño al núcleo, sin aporte al SRR (se suponen 8 horas).	1			
Recuperación suministro eléctrico antes de 20 horas (RLOOP20)	Recuperación de la energía eléctrica exterior después de la descarga total de las baterías y antes de daño al núcleo (12 horas descarga total baterías + 8 horas para daño al núcleo).	2			

<sup>1</sup> La fuente alternativa debe poder acoplarse antes de una hora (tiempo de corte del RHR).

<sup>2</sup> Se supone que el tiempo de daño al núcleo es mayor de 3 horas, sin inyección.

**HOJA DE TRABAJO N° 5: LOOP – BWR EOP 2 (vasija sin tapa)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LOOP – EAC – RLOOP20 (3)				
LOOP – EAC – ACI – RLOOP8 (5)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.



**HOJA DE TRABAJO N° 6: LORHR – BWR EOP 1 (vasija con tapa)**

Tiempo para ebullición:	Tiempo descubrimiento del núcleo:	Tiempo daño al núcleo:		
	(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)			
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo <sup>1</sup>	Crédito operador	Crédito función
Recuperación evacuación de calor residual (RHRREC)	El operador recupera un RHR o un medio alternativo de evacuación del calor residual (CRD y RWCU) antes de que se alcance la presión de corte del RHR.  Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		Nota 2	
Arranque manual inyección a baja presión y control presión SRR (MINJ&SRV)	Aporte con LPCS, RHR operando en modo LPCI u otro tren de un sistema que sea capaz de mantener el núcleo cubierto. Además, el operador reduce la presión en el SRR vía SRV.  Se necesita indicación de nivel, con alarma de bajo nivel, y presión en el SRR.		2	
Arranque manual inyección a alta presión (MINJY)	Aporte con inyección a alta presión u otro sistema (CRD, HPCI), evacuando el vapor con las SRV en su valor de tarado.		1	
Venteo de la contención (CV)	El operador procede al venteo de la contención.  Se necesita una fuente de aporte de inventario a largo plazo.		3	

<sup>1</sup> Si la deficiencia en el funcionamiento se transfiere desde un árbol LOOP, se debe tener en cuenta que los sistemas frontales y soporte están disponibles (correcto suministro de energía eléctrica).

<sup>2</sup> Crédito = 0 si el tiempo para alcanzar la presión de corte del RHR ( $t_{RHR}$ ) < 20 min.

Si se identifica la pérdida del RHR y se puede poner en servicio el tren en reserva en  $\frac{1}{2} t_{RHR}$ , entonces el crédito sería = 1 (20 min. <  $t_{RHR}$  < 40 min.), 2 (40 min. <  $t_{RHR}$  < 1 h) ó 3 ( $t_{RHR}$  > 1 h).

**HOJA DE TRABAJO N° 6: LORHR – BWR EOP 1 (vasija con tapa)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LORHR – RHRREC – CV (3)				
LORHR – RHRREC – MINJ&SRV – CV (5)				
LORHR – MINJ&SRV – MINJY (6)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.

**HOJA DE TRABAJO Nº 7: LORHR – BWR EOP 2 (vasija sin tapa)**

Tiempo para ebullición:	Tiempo descubrimiento del núcleo:	Tiempo daño al núcleo:		
	(Nota: las pérdidas de inventario reducen el tiempo de descubrimiento y daño al núcleo)			
Funciones de seguridad	Criterios de éxito e instrumentación importante	Crédito equipo <sup>1</sup>	Crédito operador	Crédito función
Recuperación evacuación de calor residual, fuga aislada (RHRREC)	El operador recupera un RHR o un medio alternativo de evacuación del calor residual (CRD y RWCU) antes de que se alcance el nivel de aislamiento automático del RHR por señal de bajo nivel en vasija.  Se necesita indicación de temperatura de entrada/salida e indicación de caudal, con alarma de bajo caudal, en el RHR.		Nota 2	
Arranque automático ECCS (AECCS)	Arranque automático de un tren del ECCS a baja presión		NA	
Arranque manual inyección a baja presión (MINJ)	Aporte con LPCS u otro tren de un sistema de alta presión que sea capaz de mantener el núcleo cubierto.  Se necesita indicación de nivel en vasija con alarma de bajo nivel.		2	
Refrigeración a largo plazo (LCOOL)	El operador mantiene una fuente de aporte a largo plazo.		4	

<sup>1</sup> Si la deficiencia en el funcionamiento se transfiere desde un árbol LOOP, se debe tener en cuenta que los sistemas frontales y soporte están disponibles (correcto suministro de energía eléctrica).

<sup>2</sup> Crédito = 0 si el tiempo para alcanzar el nivel de aislamiento automático del RHR por señal de bajo nivel en vasija ( $t_{RHR}$ ) < 20 min.

Si se identifica la pérdida del RHR y se puede poner en servicio el tren en reserva en  $\frac{1}{2} t_{RHR}$ , entonces el crédito sería = 1 (20 min. <  $t_{RHR}$  < 40 min.), 2 (40 min. <  $t_{RHR}$  < 1 h) ó 3 ( $t_{RHR}$  > 1 h).

**HOJA DE TRABAJO N° 7: LORHR – BWR EOP 2 (vasija sin tapa)**

Secuencias de daño al núcleo	Frecuencia suceso iniciador	Crédito mitigación	Recuperación	Resultado
LORHR – RHRREC – LCOOL (3)				
LORHR – RHRREC – AECCS – LCOOL (5)				
LORHR – RHRREC – AECCS – MINJ (6)				

Identifique cualquier acción de operador que recupera un equipo o suceso iniciador:

Si las acciones del operador son necesarias para dar crédito a la puesta en servicio del equipo de mitigación o para las acciones de recuperación, dicho crédito sólo debería concederse si se cumplen los siguientes criterios: (1) tiempo suficiente para aplicar las acciones, (2) condiciones ambientales que permiten el acceso a los lugares necesarios, (3) existen procedimientos, (4) existe formación sobre los procedimientos existentes, en condiciones similares a las del escenario supuesto, y (5) cualquier equipo necesario para realizar estas acciones está disponible y listo para su uso.



**Figura 4: Árbol de sucesos LOOP – BWR EOP 1**

LOOP	EAC	ACI&SRV	RLOOP8	RLOOP20	Est.	N.º
					LORHR	1
					OK	2
					DN	3
					OK	4
					DN	5

**Figura 5: Árbol de sucesos LOOP – BWR EOP 2**

LOOP	EAC	ACI	RLOOP8	RLOOP20	Est.	N.º
					LORHR	1
					OK	2
					DN	3
					OK	4
					DN	5

**Figura 6: Árbol de sucesos LORHR – BWR EOP 1**

LORHR	RHRREC	MINJ&SRV	MINJY	CV	Est.	N.º
					OK	1
					OK	2
					DN	3
					OK	4
					DN	5
					DN	6

**Figura 7: Árbol de sucesos LORHR – BWR EOP 2**

LORHR	RHRREC	AECCS	MINJ	LCOOL	Est.	N.º
					OK	1
					OK	2
					DN	3
					OK	4
					DN	5
					DN	6

## ANEXO IV

### MOTIVO DE LA REVISIÓN Y CAMBIOS INTRODUCIDOS

- Corrección de errata en la Figura 1.
- Aclaración de las causas por las que se produce la pérdida de nivel en reactores BWR de la Tabla 1.
- Aclaración sobre el uso de este procedimiento en la C.N. Trillo y en la C.N. Sante María de Garoña (último párrafo de página 4 y último párrafo de página 9).
- Adaptación de la estructura de este procedimiento a la requerida en el procedimiento PG.XI.04.