

TERCER EJERCICIO. SEGURIDAD NUCLEAR

Tema 3.A.26

Procedimientos de operación normal, anómala y de emergencia en centrales nucleares.

INDICE

1. RESUMEN	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. EVOLUCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN	4
3.1. PROBLEMAS EXISTENTES	4
3.2. RECOMENDACIONES A SEGUIR	6
4. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES CLASIFICACIONES	6
4.1. CLASIFICACIÓN POR EL SEGUIMIENTO DE LA OPERACIÓN	7
4.2. CLASIFICACIÓN POR SISTEMAS	8
4.3. CONCLUSIONES	8
5. INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN NORMAL, ANÓMALA Y DE EMERGENCIA (POES)	9
5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE EMERGENCIA DE LOS BWR.....	11
5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE EMERGENCIA DE LOS PWR.....	12
5.3. DIFERENCIAS IMPORTANTES ENTRE LOS POE DE LAS CENTRALES BWR Y PWR DE TECNOLOGÍA PROCEDENTE DE LOS EEUU.....	14
5.4. DIFERENCIAS ENTRE LAS CENTRALES PWR DE TECNOLOGÍA AMERICANA Y ALEMANA	14
6. NORMATIVA APLICABLE	15
7. BIBLIOGRAFÍA.....	17
8. RELACIÓN CON OTROS TEMAS DE TEMARIO	18

1. RESUMEN

Tras los sucesos ocurridos en TMI-2, en marzo de 1979, la NRC y la industria nuclear americana se embarcaron en una serie de proyectos para mejorar la seguridad nuclear y más en concreto generar una nueva serie de procedimientos de operación y dedicarle un especial énfasis a los de emergencia. Los nuevos procedimientos de operación de emergencia deben basarse en un cambio de filosofía respecto a cómo deben actuar los operadores ante sucesos anormales.

Previo a este proyecto los operadores debían identificar la naturaleza de los sucesos iniciadores, tal como un LOCA o un transitorio (disparo de turbina), y a partir de ahí seleccionar el procedimiento: adecuado a cada circunstancia particular.

Los sucesos de TMI mostraron que el diagnóstico de los operadores podía no ser siempre correcto y de ahí que los nuevos procedimientos de emergencia debieran evitar dichos errores de diagnosis y tener más en consideración los factores humanos. Se fue más allá y se desarrollaron procedimientos de emergencia basados en síntomas (function based) según los cuales el operador debe actuar respondiendo a determinados estados específicos de la planta tal como excesiva generación de potencia y bajo inventario de refrigerante en el primario, y todo ello sin necesidad de conocer el operador el suceso iniciador de la situación accidental.

Posteriormente como consecuencia del accidente de Chernobyl, la NRC estableció su política respecto de la gestión de accidentes severos.

Así pues se han revisado los procedimientos de operación identificando una serie de problemas tales como su manejabilidad o utilidad, cuánto de específicos resultan, la consideración de factores humanos, la redacción y elaboración de los mismos, los posibles problemas de interfases que surgen en su utilización, etc. Asimismo se marcan posibles caminos para solucionar dichos problemas y su adaptación al entrenamiento de los operadores.

En general no solamente se pretende desarrollar los procedimientos en situación de emergencia sino en cualquier momento de la operación de la planta dando lugar a la siguiente clasificación:

- Procedimientos de operación normal (NOP): Son las guías que indican al operador cómo debe actuar en arranques o en operación de potencia normal.
- Procedimientos de operación anormales (AOP): Son los procedimientos que indican el camino a seguir al operador cuando, por ejemplo, determinadas alarmas en la planta han sido activadas.
- Procedimientos de operación de emergencia (EOP): Son aquellos

procedimientos escritos que dan las acciones directas a seguir por el operador bajo condiciones de emergencia tales como el disparo del reactor.

Es importante indicar que estos conceptos no se entienden de la misma manera de una planta a otra debido a numerosas razones entre las que cabe indicar que los procedimientos de operación son escritos por distintos "staffs" entre las distintas plantas.

Uno de los problemas más importantes que existe actualmente con los procedimientos es el hecho de que cualquiera de ellos remite a otro u otros procedimientos. En dicho trasiego es muy fácil que el operador cometa errores por la gran cantidad de documentos que debe manejar. Este es el denominado problema de interfases.

Posteriormente como consecuencia del accidente de Chernobyl, la NRC estableció su política respecto de la gestión de accidentes severos. Hasta entonces los procedimientos están desarrollados para prevenir la fusión de núcleo, sin embargo deberían realizarse procedimientos en el caso en que se diera la fusión del núcleo a fin de mitigar las posibles consecuencias derivadas de dicho accidente, en definitiva se deben marcar pautas de actuación al operador en el caso de que se tuviese dicha fusión; esto constituye una de las partes de la gestión de accidentes severos.

2. INTRODUCCIÓN

Los primeros procedimientos de emergencia que utilizaron las centrales nucleares eran procedimientos basados en eventos.

Las principales características de este tipo de procedimientos eran las siguientes:

- Cubrían un único escenario, definido por:
 - Tamaño de la rotura
 - Situación de la rotura
 - Secuencia de eventos
 - Temporización de eventos
- Suponían las condiciones más desfavorables:
 - Altos valores de la presión en la vasija, de la presión en el pozo seco o de

- la potencia del reactor
 - Indisponibilidad de los sistemas más importantes
- Suponían la operabilidad de la instrumentación.
- No se consideraban fallos de equipos, o sistemas posteriores al inicio del evento.
- Raramente aconsejaban el uso de sistemas “no cualificados” o “no de seguridad”.
- Las bases técnicas de éstos procedimientos estaban formadas por los criterios de diseño y licenciamiento de los sistemas.
- No cubrían adecuadamente el alcance de las condiciones posteriores al evento.

Como consecuencia del accidente de TMI se detectaron una serie de anomalías en los procedimientos y se llegó a la conclusión de que habría que revisar una serie de aspectos. Los más importantes eran los siguientes:

- Necesidad de reanalizar los transitorios utilizando métodos y modelos más realistas (modelos “best estimate”).
- Considerar la posibilidad de fallos múltiples de equipos.
- Considerar la posibilidad de que ocurran diversos eventos al mismo tiempo.
- Considerar los posibles errores que el operador pudiera cometer, tanto por acción como por omisión.

3. EVOLUCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN

Bajo contrato de la NRC y dentro del programa surgido tras TMI-2 "Long-Term Program for Upgrading of Procedures", se encarga a Pacific Northwest Laboratory evaluar en líneas generales los procedimientos de operación en centrales nucleares en el programa II Program Plan for Assessing and Upgrading Operating Procedures for Nuclear Power Plants". Se estudian los procedimientos de operación de 31 plantas y se realizan visitas a nueve plantas distintas, resultando los problemas que se muestran a continuación y realizando las recomendaciones pertinentes para resolverlos.

3.1. PROBLEMAS EXISTENTES

En las tareas de revisión y evaluación de los procedimientos de operación se pretendía revisar los procedimientos a fin de evaluar su "utilidad" y establecer unas buenas prácticas para que se realice una buena comunicación de la información, y así se estudia cómo se desarrolla la forma de clasificar los procedimientos, cómo se coleccionan éstos, cómo fueron escritos dichos procedimientos y cuáles son las repercusiones en la seguridad de estos problemas. De estas tareas surgieron los siguientes problemas:

- Utilidad de los procedimientos.- Los procedimientos de operación, considerados en grupo, caen dentro de la clasificación "mínimamente aceptable" desde el punto de vista de la utilidad de los mismos.
- Adecuación de los procedimientos.- En general los procedimientos están escritos en forma vaga y carente de especificidad. Generalmente fallan en el momento de describir las acciones a realizar por el operador paso a paso, al indicar claramente cuando un determinado objetivo se consigue y cuando se ha completado el procedimiento con éxito. Todos estos problemas llevan a la reducción de la utilidad.
- Consideración de factores humanos.- Generalmente no incluyen las consideraciones de factores humanos que se deberían realizar, pues presentan frecuentemente una carencia en los chequeos de las listas, en la señalización del lugar en donde se guarda la información, y otras herramientas similares que ayuda a la exactitud con el que el procedimiento será usado.

Las visitas a planta pretendían contestar diversas preguntas al grupo evaluador tales como:

- ¿Qué razones existen para cambiar los procedimientos existentes o escribir otros nuevos?

Lo realmente complicado fue el hecho de desarrollar los primeros procedimientos, sin embargo se ha empleado una gran cantidad de esfuerzos en las siguientes revisiones (hay procedimientos con más de cien revisiones) debido fundamentalmente a los requisitos solicitados por la NRC, a cambios de diseño y a la adquisición de experiencia operacional en la planta.

- ¿Cómo se preparan los procedimientos?

No existen unas guías que marquen la forma de desarrollar los procedimientos, fundamentalmente se realiza a partir de la información técnica que da el vendedor. Dicha tarea se lleva fundamentalmente en la organización de la planta pero ello no es generalizable.

- ¿Cómo se verifican y validan los procedimientos?

En principio se deben realizar con simuladores, evaluaciones ingenieriles, en sala de control, etc. Esto constituiría en principio el control de calidad pero sin embargo se detecta una falta de realización del mismo.

Estas visitas dieron como resultado la identificación de los siguientes problemas:

- Número de procedimientos y nivel de detalle contenido en los mismos

Los requisitos de la NRC dieron lugar a un excesivo número de procedimientos, inmanejables y muchas veces con excesivos detalles. Parece ser que escribir un procedimiento es menos costoso y emplea menos tiempo para contestar a la NRC que tomar las acciones correctivas del problema.

- Revisión en planta de los procedimientos

Existen muchas revisiones y muchas veces no están actualizadas en muchos sitios.

- Entrenamiento y procedimientos de operación

No existe el deseable contacto entre los responsables del entrenamiento de los operadores y los encargados de escribir o revisar dichos procedimientos.

- Verificación y validación de los procedimientos

Ya comentado.

3.2. RECOMENDACIONES A SEGUIR

A partir de los problemas encontrados, el grupo de trabajo realiza una serie de recomendaciones que podrían resumirse en los siguientes puntos:

1. La NRC junto con la industria deben trabajar para identificar en qué materias se debería desarrollar un conjunto de procedimientos de operación, puesto que la parte V del 10CFR50 -Apéndice B lo deja de una forma poco clara.
2. Se debería desarrollar una guía para los operadores en el uso de los procedimientos de operación de emergencia y las interfases entre los AOPs y los NOPs.
3. Conceder una mayor importancia a los procesos de revisión de los procedimientos.
4. Importancia capital para el control de calidad. Junto con el pto. 1 debe dar lugar a unos nuevos criterios de elaboración (de estos se hablará más adelante).

4. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES CLASIFICACIONES

Los actuales procedimientos de operación están desarrollados básicamente a partir de la información técnica que dan los vendedores y de requerimientos de los organismos reguladores. A fin de incrementar la seguridad en la planta estos deberían clasificarse teniendo en cuenta las diversas asociaciones mentales, en

definitiva teniendo en cuenta factores humanos que ayuden a la memorización por el operador.

Así pues habría que: 1) identificar posibles esquemas de clasificación, 2) evaluar los factores humanos en ellos, 3) pensar que van dirigidos al operador y 4) examinar la viabilidad de desarrollar una clasificación común o estandar para todas las plantas.

Aunque en general todas las plantas de agua ligera siguen el ANSI/ANS-3.2 para desarrollar procedimientos de sistemas, generales de planta y de emergencia (sin embargo no dice nada de cómo deben estar organizados dichos procedimientos) se observa que existen grandes diferencias en los esquemas de clasificación de una planta a otra. Esta diversidad es debida a la diferencia entre los distintos vendedores al clasificar los procedimientos, a las diferencias de equipos entre plantas (aun siendo de la misma propiedad) y por último a las diferencias de filosofía del personal encargado de desarrollar dichos procedimientos.

Al existir tantas diferencias las tareas de los organismos reguladores son mucho mayores y difíciles de realizar, no existe una buena comunicación entre plantas y por último se emplea más recursos humanos. Todo ello repercute en detrimento de la seguridad nuclear en general y de ahí el interés en desarrollar una posible clasificación estandar.

Se han propuesto, aunque con poco éxito, dos distintos esquemas de clasificación que se muestran a continuación.

4.1. CLASIFICACIÓN POR EL SEGUIMIENTO DE LA OPERACIÓN

Este esquema es propuesto por los examinadores del licenciamiento. Siguiendo la evolución de la planta ante diversas situaciones, tales como arranques, disparos, etc... se deberían clasificar en un grupo todos aquellos procedimientos que caigan en unas mismas maniobras y todo ello para los NOP, AOP y EOP.

Esta clasificación presenta las siguientes ventajas:

- Pueden estar formateados de una forma consistente, que evitará que el operador vaya buscando de un sitio a otro.
- Los mismos requisitos de exactitud técnica exigible a los EOPs se les puede solicitar a los NOPs y AOPs.
- Se pueden archivar los procedimientos y clasificarlos de tal manera que facilite la labor del operador.
- Son más fáciles de aprender pues siguen la evolución natural del proceso.

Se apuntan los siguientes inconvenientes:

- Requiere que el operador identifique la evolución de la planta lo que puede ser muy difícil en situaciones anormales.
- Este proceso no ayuda al operador a realizar una priorización de emergencias, ello puede conducir probablemente a confusiones o indecisiones.
- Es improbable que cualquier situación en que se mezclen varios sucesos esté recogido por los procedimientos, sobre todo en situaciones no esperadas. Esto ocurre con cualquier sistema de clasificación.

4.2. CLASIFICACIÓN POR SISTEMAS

Este esquema es propuesto por el personal encargado de entrenar a los operadores. Defienden que todos los procedimientos de operación (EOP, NOP y AOPs) de un mismo sistema deben clasificarse juntos.

Ello presenta las siguientes ventajas:

- Los operadores tienen fácilmente disponible en un manual toda la información del sistema sobre el que trabajan.
- Los procedimientos para todas las plantas están fácilmente localizables.
- El aprendizaje del operador a manejar procedimientos es fácil puesto que se le enseña por sistemas.

Sin embargo presenta los mismos inconvenientes aproximadamente, que el esquema de clasificación anterior pero además se le añaden las siguientes características:

- Primeramente se debe identificar el sistema que ha fallado antes de tomar el procedimiento de operación adecuado, lo que puede dar lugar a un retraso de tiempo en las actuaciones.
- Surgen dificultades en el caso en que fallen múltiples sistemas a la vez.
- Muchas veces en operación normal se tienen que manejar varios sistemas a la vez.

4.3. CONCLUSIONES

Se concluye que ninguno de los esquemas de clasificación propuestos es adecuado y tampoco está nada claro que una posible combinación de ambos

esquemas sea la solución óptima. Ahora bien, en mente de todos los expertos está el hecho de que se puede y se debe conseguir cierta estandarización para conseguir una mejora general de los procedimientos y de la seguridad en la planta.

5. INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE NORMAL, ANÓMALA Y DE EMERGENCIA (POEs)

Los procedimientos de operación son necesarios para garantizar que la central nuclear se explota de forma segura y sin consecuencias indeseables para la seguridad porque indican cómo se debe interactuar con los sistemas de la central ante las posibles situaciones operativas.

El disponer de un conjunto de procedimientos y guías de operación adecuados para operar ante las posibles situaciones que pueden plantearse en la vida de una central nuclear, desde la operación normal hasta el accidente severo, contribuye de forma significativa a incrementar la seguridad de la misma, dado que afectan directamente a la fiabilidad de la acción del operador, disminuyendo de modo notable la probabilidad de error humano.

Para ello los procedimientos y guías de operación deben tener un alcance adecuado y haber sido desarrollados considerando todos los aspectos técnicos asociados, incluyendo los principios y técnicas de ingeniería de factores humanos.

Para que la calidad de los procedimientos y guías sea la adecuada es necesario que sean sometidos a procesos de verificación y validación, y ello con el fin de garantizar la idoneidad de las estrategias de gestión de transitorios y accidentes que contienen.

Los usuarios de estos documentos deben recibir periódicamente formación y entrenamiento adecuados para ejecutar correctamente los pasos y estrategias aplicables.

Los procedimientos y guías son documentos vivos que es preciso revisar. Están integrados en el control de configuración de la central nuclear de modo que en todo momento deben responder a la situación vigente de los sistemas de la instalación; además, para garantizar su calidad técnica y que tienen el alcance adecuado, es necesario que se actualicen teniendo en cuenta la experiencia operativa en la propia central y en otras de tecnología similar considerando, además, los nuevos desarrollos de los grupos de propietarios de centrales nucleares o del suministrador de la tecnología de la instalación.

La situación actual de los procedimientos de operación existentes en las centrales nucleares españolas en operación, que detallan las actuaciones tanto en operación normal como en operación anómala y de emergencias se describen en los procedimientos de operación siguientes:

- De sistemas: en estos se detallan operaciones normales dentro de cada sistema (llenado y venteo, arranque, parada, operación, etc).

- De pruebas: asociados a las exigencias de vigilancia de especificaciones de funcionamiento o a otras pruebas.
- De alarmas: indican las acciones a realizar tras la activación de una alarma en sala de control. En algunas centrales estos procedimientos están integrados en los de sistemas.
- De operación general normal: operación integrada para arranque de la central, parada y operación a potencia
- De fallos y/o de operación anormal: maniobras para hacer frente a sucesos operativos. Suelen estar orientados a “eventos”, es decir, es preciso diagnosticar la situación para acudir al procedimiento de fallo o de operación anormal adecuado.
- De emergencia o POE: estos procedimientos aplican para situaciones de accidente que se producen desde la operación a potencia o en modos de operación en los cuales los sistemas de protección y de actuación de salvaguardias están disponibles. Entre las centrales de tecnología BWR y PWR existen diferencias sustanciales relativas al formato, reglas de uso alcance y condiciones de entrada. Dentro de la tecnología PWR, existen diferencias entre los POE de las centrales PWR de tecnología americana y los de tecnología alemana.

En la tabla 1 se muestran las categorías establecidas, para cada categoría se incluyen las denominaciones típicas de los procedimientos y guías.

SIN ACCIDENTE		ACCIDENTE			
Operación normal	Sucesos operativos	Accidentes dentro de la base de diseño		Accidentes que sobrepasan la base de diseño	
		Accidentes cubiertos por los DBA	DBA	Sin accidente severo	Accidentes severos
Procedimientos de: - Sistemas y pruebas - Alarmas - Operación general normal - Operación anormal - Operación de fallos		Procedimientos de operación de emergencia (POE) Guías de actuación de emergencia en parada (GAP)			Guías de gestión de accidentes severos (GGAS)

Tabla 1: Estados de operación y procedimientos/guías

A partir del accidente ocurrido en el Grupo 2 de la central de Three Mile Island (TMI) el 28 de Marzo de 1979, surge el Grupo de Propietarios de Westinghouse (WOG) que desarrolla las Guías de Respuesta de Emergencia (ERG) que contienen la base técnica para la construcción de los Procedimientos de Operación de Emergencia (POEs) específicos de cada central PWR así como las guías para procedimientos de emergencia (Emergency Procedure Guidelines, EPG), en las cuales deben estar basados los procedimientos de emergencia específicos de las plantas BWR .

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE EMERGENCIA DE LOS BWR.

Los procedimientos de emergencia son un total del nueve (9) a saber: cuatro (4) guías de operación de emergencia, y cinco (5) guías de operación en régimen de contingencia o contingencias.

Las cuatro guías de operación de emergencia proporcionan las acciones iniciales de forma que, si el accidente ocurrido es de poca severidad, será suficiente con estos procedimientos para restaurar a sus valores normales todos los parámetros vigilados de la planta. Si, por el contrario, la gravedad del accidente es tal que la adopción de dichas acciones iniciales no es suficiente para llevar la planta a parada segura se abandonarán las guías de operación de emergencia y se acudirá a las contingencias, que indicarán nuevas medidas de carácter más drástico que las iniciales para intentar restaurar los niveles de seguridad en la planta.

Cada una de las cuatro guías de operación de emergencia se subdivide a su vez en una serie de secciones que van encaminadas al control de determinados parámetros vigilados. A continuación se listan las guías de operación de emergencia, con las secciones correspondientes:

- CONTROL DEL REACTOR (POE-1-RC):
 - . Control de nivel de vasija (RC/L)
 - . Control de presión de vasija (RC/P)
 - . Control de potencia del reactor (RC/Q)
- CONTROL DE LA CONTENCIÓN PRIMARIA (POE-2-PC)
 - . Control de la temperatura de la Piscina de Supresión (SP/T)
 - . Control de temperatura del Pozo Seco (DW/T)
 - . Control de temperatura de la Contención Primaria (CN/T)
 - . Control de presión de la Contención Primaria (PC/P)
 - . Control de nivel de la Piscina de Supresión (SP/L)
 - . Control de hidrógeno (PC/H)

- CONTROL DE LA CONTENCION SECUNDARIA (POE-3-SC)
 - . Control de temperatura de la Contención Secundaria (SC/T)
 - . Control de niveles de radiación en Contención Secundaria (SC/R)
 - . Control de niveles de agua en Contención Secundaria (SC/L)

- CONTROL DE LIBERACION DE RADIATIVIDAD (POE-4-RR)

Cuando la severidad del accidente rebase el ámbito de los anteriores procedimientos, se recurrirá a las Contingencias, en el momento y orden que indiquen los procedimientos anteriores. Dichas Contingencias son:

- CONTROL ALTERNATIVO DE NIVEL (CONTINGENCIA 1)
- DESPRESURIZACION DE EMERGENCIA DE LA VASIJA (CONTINGENCIA 2)
- REFRIGERACION DEL NUCLEO POR VAPOR (CONTINGENCIA 3)
- INUNDACION DE LA VASIJA (CONTINGENCIA 4)
- CONTROL DE NIVEL/POTENCIA DEL REACTOR (CONTINGENCIA 5)

A los procedimientos guía de operación de emergencia se acudirá siempre que se produzca alguna de las condiciones de entrada como superación de valores límite en la contención primaria o en la contención secundaria, o como liberaciones radiológicas aunque no se haya activado el sistema de protección ni las salvaguardias tecnológicas. (pero solo si el Jefe de Turno estima que realmente hay una situación de emergencia). A los procedimientos guía de operación en régimen de contingencia solamente se puede entrar desde una guía de operación de emergencia, es decir, no se puede acceder a ellos directamente.

5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE EMERGENCIA DE LOS PWR.

Los POE's proporcionan las instrucciones para dos tipos de situaciones:

- Eventos que pueden ser diagnosticados. En estos casos se seguirán los Procedimientos de Recuperación Óptima.
- Eventos no diagnosticados. En estos casos se seguirán los Procedimientos de Recuperación de Funciones desarrollados para satisfacer las Funciones Críticas de Seguridad que se vigilan a través de los Árboles de Estado.

Los Procedimientos de Operación de Emergencia (POE) utilizan los conceptos de Recuperación Óptima y Recuperación de Funciones Críticas para proporcionar una red de estrategias de recuperación predefinidas, jerarquizadas y basadas en los síntomas, que guían al operador en el manejo de los transitorios de emergencia.

- Procedimientos de Recuperación Óptima

Los transitorios más probables (es decir, los de base de diseño) ofrecen unos síntomas característicos que permiten clasificarlos en cuatro categorías:

- 0 - Disparo de reactor (sin accidente).
- 1 - Pérdida de refrigerante del reactor (LOCA).
- 2 - Pérdida de refrigerante secundario (Rotura línea de agua de alimentación o vapor).
- 3 - Rotura de tubos en un generador de vapor.

Para cada una de estas categorías básicas se pueden definir síntomas y estados finales óptimos característicos para minimizar la liberación de radiación y los daños a los equipos. Incluso los transitorios de fallos múltiples, combinación de las cuatro categorías básicas presentan síntomas que son combinación de las anteriores y tienen un estado final óptimo. En este caso, también, se pueden definir estrategias de respuesta asociada.

Los procedimientos de Recuperación Óptima generados para estas categorías de transitorios se designan de la siguiente forma:

- (E): Procedimientos para el diagnóstico y la recuperación a partir de sucesos de base de diseño.
- (ES): Procedimientos complementarios para apoyar las acciones de recuperación de una guía E.
- (ECA): Procedimientos de acción para emergencias imprevistas, de fallo múltiples. Proporciona las acciones de recuperación para las secuencias de sucesos de baja probabilidad o únicos.

- Procedimientos De Recuperación De Funciones Críticas

El concepto de la recuperación de las funciones críticas de seguridad se basa en la premisa de que la liberación de radiación al medio ambiente se puede minimizar si se protegen las barreras contra dicha liberación.

Las barreras que se proveen en cualquier central nuclear son:

Matriz de combustible y vaina.

Barrera de presión del Sistema de Refrigerante del Reactor.

Contención.

Distancia.

Para cada una de estas barreras hay un conjunto de funciones que deben de mantenerse de manera continuada para que permanezca intacta la misma. A este conjunto se le define como funciones de seguridad y en una central que se vaya a parar es necesario vigilar las siguientes áreas:

Mantenimiento de la SUBCRITICIDAD.

Mantenimiento de la REFRIGERACIÓN DEL NÚCLEO.

Mantenimiento de un SUMIDERO DE CALOR.

Mantenimiento de la INTEGRIDAD del Sistema del Refrigerante del Reactor.

Mantenimiento de la integridad del RECINTO DE CONTENCIÓN.

Control del INVENTARIO del refrigerante del reactor.

Las funciones que componen este conjunto de seguridad se definen como las Funciones Críticas de Seguridad. Estas funciones se asocian con las barreras contra la liberación de los productos de fisión.

5.3. DIFERENCIAS IMPORTANTES ENTRE LOS POE DE LAS CENTRALES BWR Y PWR DE TECNOLOGÍA PROCEDENTE DE LOS EEUU

- Los POE de los BWR son sintomáticos. En el caso de los POE de los PWR, existe un conjunto de procedimientos que son sintomáticos (procedimientos de recuperación de funciones) y otro conjunto que es una combinación de síntomas y diagnóstico (procedimientos de recuperación óptima).
- Formato: en las centrales BWR los POE se representan en flujogramas, mientras que en las centrales PWR los POE consisten en pasos secuenciales numerados en los que se indica qué debe hacer el operador.
- Procedimiento de pérdida total de corriente alterna (*Station Blackout* o SBO): en las centrales PWR el procedimiento para esta situación está integrado dentro de los POE, mientras que en el caso de las centrales BWR es un procedimiento, o conjunto de procedimientos, separado.
- Condiciones de entrada: en las centrales PWR las condiciones de entrada son exclusivamente la superación de los criterios de actuación del disparo del reactor o de la inyección de seguridad (o su actuación espuria). En el caso de las centrales BWR españolas existen otras condiciones de entrada como superación de valores límite en la contención primaria o en la contención secundaria, o como liberaciones radiológicas aunque no se haya activado el sistema de protección ni las salvaguardias tecnológicas.

5.4. DIFERENCIAS ENTRE LAS CENTRALES PWR DE TECNOLOGÍA AMERICANA Y ALEMANA

- En el caso de las centrales PWR de tecnología alemana se vincula el concepto de accidentes base de diseño con las situaciones para las cuales se desarrollan POE específicos.

Además de los POE para accidentes base de diseño, las centrales PWR de tecnología alemana han desarrollado unos documentos que describen estrategias para el caso de incumplimiento de los denominados *objetivos de protección*; estas situaciones sobrepasan la base de diseño.

Aparte de los POE y de los *objetivos de protección*, las centrales PWR de tecnología alemana han desarrollado unos procedimientos para situaciones de menor probabilidad (también que sobrepasan las bases de diseño) que se han incluido en un documento llamado Manual de Accidentes Severos.

- Conjunto de POE: en los POE de tecnología Westinghouse existe un conjunto integrado de procedimientos con reglas de uso detalladas y donde las transiciones entre procedimientos están definidas con precisión. En el caso de los POE de tecnología alemana también existe un conjunto integrado de procedimientos pero existe algo más de flexibilidad en las transiciones entre procedimientos.
- Procedimientos individuales: hay diferencias significativas en el contenido y formato de cada procedimiento. En los POE de tecnología Westinghouse están integradas la comprobación de las acciones automáticas con las acciones manuales identificándose en cada paso las acciones a realizar en caso de que no se produzca respuesta esperada (la denominada “respuesta no obtenida”). En los POE de tecnología alemana las acciones automáticas están separadas de las acciones manuales.

6. NORMATIVA APLICABLE

El artículo 20 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (aprobado por el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, y modificado por el Real Decreto 35/2008, de 18 de enero) requiere que la solicitud de autorización de explotación de las instalaciones nucleares vaya acompañada de, entre otros documentos, el Reglamento de Funcionamiento que contendrá las normas de operación y procedimientos en régimen normal y en condiciones de accidente.

Con fecha 17/02/2015 se publicó en el BOE la *IS-36, de 21 de enero de 2015, del CSN, sobre Procedimientos de Operación de Emergencia y gestión de accidentes severos en centrales nucleares*.

Otras Instrucciones de Seguridad (IS), que establecen requisitos sobre este asunto son las IS-11, sobre licencias de personal de operación de centrales nucleares, e IS-12, sobre requisitos de cualificación y formación de personal sin licencia, de plantilla y externo, de 21 y 28 de febrero de 2007, respectivamente, establecen requisitos de manera genérica sobre formación y entrenamiento que son de aplicación también a procedimientos de operación de emergencia y guías de gestión de accidentes severos.

La IS-26 sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares del 16 junio de 2010, en sus artículos 7.6 y 7.7 sobre procedimientos de operación, establece lo siguiente:

“7.6 El titular de la instalación deberá disponer de un conjunto de procedimientos de operación para condiciones normales, anormales y de emergencia, que especifiquen las acciones a adoptar para mantener la instalación en condiciones seguras, o restablecer o compensar las funciones de seguridad en caso de pérdida de las mismas. Así mismo, deberá disponer de procedimientos de operación o guías para mitigar las consecuencias de situaciones de accidentes fuera de la base de diseño.”

“7.7 El titular deberá verificar y validar los procedimientos de operación

antes de su entrada en vigor, y mantenerlos actualizados para reflejar la situación de la instalación y de la organización. Se responsabilizará de que el personal implicado esté entrenado adecuadamente en el manejo y aplicación de los mismos.”

La IS-27 sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares del 16 junio de 2010, en su artículo 1.4, establece lo siguiente:

“Las actuaciones y maniobras necesarias para realizar las funciones de seguridad deberán llevarse a cabo de manera automática o por medios pasivos, de forma que la actuación del operador no sea necesaria durante los 30 minutos siguientes a un suceso iniciador. Si el diseño requiere que el operador tome acciones durante ese periodo, las acciones deberán justificarse y deberán recogerse en procedimientos de operación que se ejerciten de forma periódica, y siempre que sea posible en un simulador réplica de alcance total.”

Para la redacción de la IS-36 se han tenido en cuenta, además otros requisitos internacionales de otros organismos reguladores Entre ellos:

- *Requisitos de WENRA*

La IS-36 incorporar a la normativa española los requisitos incluidos en el esfuerzo de armonización (denominados ‘niveles de referencia’). Esta Instrucción desarrolla los requisitos relacionados con los procedimientos de operación para situaciones de emergencia y con las guías específicamente desarrolladas para la gestión de los accidentes severos.

- *Requisitos del OIEA*

El esfuerzo de armonización de WENRA se ha tenido en cuenta en gran medida en los documentos emitidos por el OIEA, especialmente en los *Safety Requirements* y las *Safety Guides* aplicables a los diferentes temas. Por ello las normas y guías establecidas por el OIEA han sido una fuente de información para elaborar los niveles de referencia de WENRA.

- *Requisitos de otros organismos reguladores*

Para la redacción de la IS-36 se ha tenido en cuenta la normativa y los documentos importantes de la USNRC en materia de POE, de GGAS y de factores humanos. En especial el NUREG-0800, cuyo apartado 13.5.2.1 es específico de procedimientos de operación aunque se centra en su mayoría en los de emergencia y, para los temas relativos a factores humanos, en el NUREG-0711.

En cuanto a la documentación de la normativa alemana se ha consultado la KTA 1201 “Requisitos del Manual de Operación”.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. IS-36 sobre Procedimientos de Operación de Emergencia y gestión de accidentes severos en centrales nucleares de 21 de enero de 2015.
2. IS-11 sobre licencias de personal de operación de centrales nucleares, de 21 de febrero de 2007
3. IS-12 sobre requisitos de cualificación y formación de personal sin licencia, de plantilla y externo, de 28 de febrero de 2007
4. IS-26 sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares, del 16 junio de 2010
5. IS-27 sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares, del 16 junio de 2010
6. Documentación de WENRA: Niveles de Referencia de los temas F y LM
7. Glosario de la OIEA, edición de 2007
8. NS-G-2.2 Operating Limits and Conditions and Operating Procedures for NPP, OIEA
9. Safety Report Series N° 48. Development and Review of Plant Specific Emergency Operating Procedures
10. NUREG-0800, Standard Review Plan, 13.5.2.1. Operating and Emergency Operating Procedures, OIEA
11. NUREG-0711 rev. 2, Human Factors Engineering. Program Review Model. Enero 2004.
12. NUREG-0737, TMI Action Plan Requirements (y Supplement 1: Clarification of TMI Action Plan Requirements). Noviembre 1980.
13. ANSI/ANS 3.5-1998. NPP Simulators for use in Operator Training and Examination (para definición de "Simulador de Alcance Total")
14. ANSI/ANS 3.2-2006. Administrative Controls and Quality Assurance for the Operational Phase of NPP.
15. KTA 1201. Requirements for the Operating Manual
16. NUREG/CR-3968 "Study of Operating Procedures in Nuclear Power Plants: Practices and Problems" -Febrero 1987.
17. NUREG/CR-4613, PNL-5852 "Evaluation on Nuclear Power Plant Operating

Procedures Clasifications and Interfaces" -Febrero 1987.

18.NUREG-0899 -"Guidelines for the Preparation of Emergency Operating Procedures". Agosto 1982.

19.POLICY ISSUE -"Integration Plan for Closure of Severe Accident Issues" 25 Mayo 1988.

20.EPRI-DRAFT -"Severe Accident Management" -Junio 1988.

21.NUREG/CR-4177, BMI-2123. Vol.1 -"Management Severe Accidents" "Perspectives on Managing Severe Accident in Commercial Nuclear Power Plants" -Mayo 1985.

22.NUREG/CR-4177, BMI-2123, Vol.2 "Management of Severe Accidents" "Extending Plant Operating Procedures into the Severe Accident Regime". Mayo 1985.

8. RELACIÓN CON OTROS TEMAS DE TEMARIO

Este tema tiene relación directa con el contenido de los siguientes temas de temario:

A-13, A-14, A-15, A-17 y A-32.