

SERIE DE ARTICULOS SOBRE ENERGIA ALTERNATIVA: LA NUCLEAR

ENTREGA N° 3

LA SEGURIDAD NUCLEAR

Noviembre 2009

Autor: Ing. Jorge Bertoni

Este artículo, extractado y adaptado de guías publicadas por IAEA (S/F), describe el entramado internacional de organizaciones que supervisan y verifican la seguridad nuclear en todos los aspectos relacionados con el uso de las radiaciones. Desde la operación de centrales nucleares hasta la aplicación de radioisótopos en medicina y el tratamiento de desechos radiactivos. En síntesis, ¿qué y quiénes hacen que la energía nuclear sea segura?

INDICE

1.- Introducción

2.- Las bases

- Responsabilidad.
- La convención Internacional.
- Comunicación Pública.
- Requisitos de seguridad nuclear de la IAEA (NUSS).

3.- Seguridad por diseño.

- Principios de diseño.
- Factores humanos
- Avances en sistemas de apoyo al operador.

4.-Seguridad en la operación.

- Principios de operación y mantenimiento.
- Indicadores de la eficacia en la seguridad.
- Cultura de la seguridad.
- Realimentación de la experiencia operativa.
- Avances en la seguridad de operación..

5.- Control de los riesgos.

- Evaluación de los riesgos.
- Control de riesgos.
- Objetivos en la seguridad.

6.- Supervisión reguladora.

- Infraestructuras.

LA SEGURIDAD NUCLEAR

1.- INTRODUCCION

El presente artículo, está dirigido a quienes ya tienen una somera información técnica sobre la energía nuclear, sin llegar a ser especialistas. Se propone describir el entramado de organizaciones que supervisan la seguridad nuclear en el orden internacional, presentando una visión general sobre varios de los aspectos de la seguridad nuclear en acción, y contribuir a atemperar la principal objeción de la gente, respecto a las centrales nucleares, como es su seguridad. En otras palabras ¿qué y quiénes hacen que la energía nuclear sea segura?

Las prescripciones para que las centrales nucleares operen de manera segura, están impuestas por los organismos designados por los gobiernos, y los diferentes aspectos de una central, están supervisados y analizados de cerca por los cuerpos nacionales de regulación de la actividad nuclear.

Estos aspectos incluyen el diseño, la construcción, la puesta en marcha, la operación comercial, los trabajos de reparación y mantenimiento, mejoras en las instalaciones, las dosis de radiación de los operadores, el tratamiento de los desechos radiactivos, y finalmente el desmantelamiento de la central al final de su vida útil.

El sector de la energía nuclear alcanzó un nivel de seguridad entre bueno y muy bueno y se esfuerza a diario para no quedar estancado, y allá donde fuere posible trata de mejorar los niveles de seguridad. Esta actividad es continua y anónima, y no es visible para la mayoría de la gente.

La seguridad de las instalaciones nucleares es de máxima importancia a nivel mundial, y día a día, tanto los operadores como el personal de los organismos de regulación, trabajan para que el riesgo de un fallo en la seguridad se mantenga en un mínimo absoluto.

A finales de 2008, existían en operación, 438 centrales nucleares distribuidas en forma no uniforme en 30 países del mundo. El promedio de producción de energía eléctrica era del 16%, pero variaba desde un 20% en la República Checa y Estados Unidos, hasta un 78% en Francia y Lituania. Esto se ve claramente en el siguiente mapa elaborado con los datos de la tabla 5.2 "Número de centrales nucleares por países con la potencia eléctrica generada y el porcentaje del total que supone la de origen nuclear".

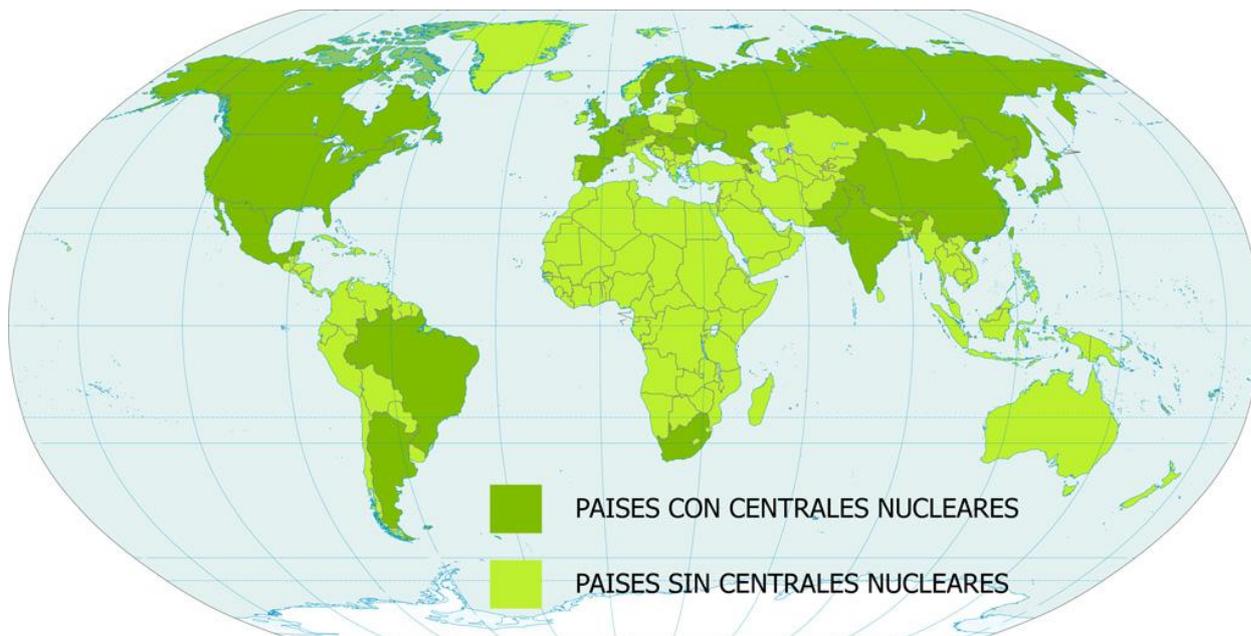


Tabla 5.2 Número de centrales nucleares por países con la potencia eléctrica generada y el porcentaje del total que supone la de origen nuclear. Los datos se refieren a 2007.¹

ORDEN	PAIS	Nº DE CENTRALES	POTENCIA (MW)	% ELECTRICIDAD
1	ESTADOS UNIDOS	104	100.322	19,4
2	FRANCIA	59	63.260	78,1
3	JAPON	55	47.587	30,0
4	RUSIA	31	21.743	15,9
5	ALEMANIA	17	20.339	31,8
6	R. COREA	20	17.454	38,6
7	UCRANIA	15	13.107	47,5
8	CANADA	18	12.589	15,8
9	REINO UNIDO	19	10.222	18,4
10	SUECIA	10	9.034	48,0
11	CHINA	11	8.572	1,2
12	ESPAÑA	8	7.450	19,8
13	BELGICA	7	5.824	54,4
14	R. CHECA	6	3.538	31,5
15	SUIZA	5	3.220	37,4
16	INDIA	17	3.779	3,1
17	BULGARIA	2	1.906	43,6
18	FINLANDIA	4	2.696	28,0
19	ESLOVAQUIA	5	2.034	57,2
20	LITUANIA	1	1.185	72,3
21	BRASIL	2	1.795	1,4
22	SUDAFRICA	2	1.800	6,7
23	HUNGRIA	4	1.755	37,7
24	MEXICO	2	1.360	3,9
25	ARGENTINA	2	935	6,9
26	ESLOVENIA	2	666	40,3
27	RUMANIA	2	1.308	9,0
28	PAISES BAJOS	1	482	4,0
29	PAKISTAN	2	425	1,7
30	ARMENIA	1	376	42,0

¹ Fuente LOZANO LEYVA, MANUEL. NUCLEARES, ¿Por qué no?. Pág. 175. Barcelona, DEATE, 2009.

2.- LAS BASES

Responsabilidad: Cada país que opera una instalación nuclear ha debido establecer un marco de referencia legal para el uso correcto de la tecnología nuclear. Estas leyes cubren las plantas y sus equipos, material y personal.

Hay también una clara asignación de responsabilidades sobre la seguridad nuclear en sus diferentes actividades, tales como la generación de energía, la medicina y la investigación.

La convención Internacional: En 1994 se dio un paso significativo en la supervisión internacional de la seguridad nuclear, con la adopción de la *Convención sobre la seguridad nuclear de la IAEA* (Agencia Internacional de la Energía Atómica). La convención entró en vigencia dos años después y es el primer instrumento legal que trata directamente sobre la seguridad nuclear de las instalaciones específicas en todo el mundo.

Las obligaciones de los países están basadas principalmente en los principios establecidos en el documento de la IAEA sobre los fundamentos de la seguridad nuclear *La Seguridad de Instalaciones Nucleares*. Estas obligaciones cubren el emplazamiento, el diseño, la construcción y operación de instalaciones; la disponibilidad de adecuados recursos financieros y humanos; la evaluación y verificación de la seguridad; el control de calidad y la prevención de emergencias.

Los documentos de la convención hoy son mas bien un instrumento de incentivo, y no han sido elaborados para asegurar que las obligaciones sean cumplidas por control y bajo la sanción de los operadores. Están basados en una determinación común de desarrollar, promover y alcanzar mayores niveles de seguridad mediante reuniones periódicas de las partes.

La convención obliga a las partes a elaborar informes sobre la ejecución de sus obligaciones y someter estos documentos para revisión de sus pares de todos los países, quienes participan en las reuniones que se realizan cada tres años.

Argentina es miembro del OIEA desde 1957, cuando se formó como miembro de la familia de Naciones Unidas, y desde entonces son muchos los profesionales argentinos que han integrado e integran dicha organización

Comunicación Pública: Las autoridades reguladoras y las organizaciones que operan las instalaciones nucleares, como órganos de aplicación, tienen la responsabilidad de informar al público, en forma transparente, sobre temas de seguridad nuclear.

El cuerpo regulador creado al efecto, es independiente del operador y es reconocido por lo tanto, como una fuente imparcial y confiable de información objetiva.

A modo de ejemplo se puede visitar la página de la comisión reguladora de Estados Unidos: www.nrc.gov

Los organismos reguladores de todo el mundo utilizan el **INES** (Internacional Nuclear Event Scale), Escala Internacional de Eventos Nucleares, de IAEA, para dar a los medios de comunicación y al público, una lista detallada del alcance de los problemas o incidentes en las instalaciones nucleares.

La adopción de esta escala, que permite homogeneizar los datos informados y que tiene siete niveles diferentes, ha mejorado notablemente la forma en que la información sobre tales eventos se presenta al público. La mayoría de los incidentes catalogados según el **INES**, carecen de importancia, pero aún así pueden indicar una deficiencia que requiera una acción correctiva.

Los incidentes más serios están graduados según haya habido un impacto interno o externo a la instalación, o un impacto o degradación de la *defensa en profundidad*, ya mencionada:

- **0.-** Sin significación para la seguridad.
- **1.-** Anomalías.
- **2.-** Incidentes.
- **3.-** Incidente importante
- **4.-** Accidente sin riesgo significativo fuera del emplazamiento.
- **5.-** Accidente con riesgo fuerte fuera del emplazamiento.
- **6.-** Accidente importante.
- **7.-** Accidente grave. (Chernobil)

Se puede ver más sobre el **INES** en la Página www.iaea.org

Requisitos de Seguridad nuclear de la IAEA (NUSS): NUSS Nuclear Safety Standards², es el primer documento completo, no nacional, sobre requerimientos de seguridad nuclear para centrales nucleares. Una nueva revisión de este documento, habrá de reflejar las nuevas tendencias y desafíos que enfrenta la industria nuclear, tales como la desregulación, la competitividad, el envejecimiento de las centrales y la potencial pérdida de experiencia.

Esta nueva revisión pondrá su mayor énfasis en:

- La cultura de la seguridad, la administración de la seguridad, la importancia de la conducción y la necesidad de contar continuamente con mayores requerimientos de seguridad operacional.
- Cambios de organización, programas de administración operacional, y métodos de evaluación.
- La interacción de tales cambios y factores humanos que pudieran ser influenciados por esos cambios.

² Es un conjunto de 43 Guías, agrupadas en los siguientes cinco temas: Organización Gubernamental (7), Emplazamientos (9), Diseño (10), Operación (7), Garantía de Calidad (10). Cada una de estas guías es revisada periódicamente por IAEA.

- La retención de experiencia y la *memoria corporativa* mediante programas de entrenamiento y políticas de largo plazo.
- El uso de un enfoque probabilístico para complementar el análisis determinístico.

La ampliación del NUSS está ya reflejada en las guías de la IAEA, seminarios, reuniones de trabajo, cursos de entrenamiento y proyectos desarrollados en línea con el plan de trabajo de la Agencia.

3.- SEGURIDAD POR DISEÑO

En la fase de diseño de una central nuclear, se realiza el análisis de seguridad teniendo en cuenta todas las situaciones posibles de la planta, es decir, la operación normal, incidentes operacionales que se pueden prever, y posibles accidentes.

Esto debe asegurar en todo momento las siguientes funciones básicas, aún en condiciones de accidente:

- El control de la reacción en cadena en el núcleo del reactor.
- La remoción del calor del núcleo.
- El confinamiento de los materiales radiactivos.

Todos los escenarios posibles son tenidos en cuenta en una etapa temprana del diseño y ellos pueden ser de dos categorías: accidentes *base de diseño*, y accidentes que *superan la base de diseño*.

Los accidentes base de diseño, son aquellos que la central debe ser capaz de soportar de forma tal, que continúe resguardando la seguridad y la salud del público con amplios márgenes.

Los incidentes poco probables que pudieran conducir a un accidente severo, y que superen la base de diseño, también son tenidos en cuenta en el diseño.

Los objetivos fundamentales son:

- Evitar los accidentes base de diseño.
- Limitar las consecuencias de los accidentes que superen la base de diseño.

Un enfoque conservador y precautorio en el diseño, y una buena práctica operacional, son necesarios para evitar una desviación de las condiciones de operación normal, que pudiera conducir a un accidente.

Diferentes causas posibles son tenidas en cuenta cuando se analizan distintos escenarios de potenciales accidentes, tales como:

- Peligros internos, fuego, explosión, rotura de tuberías o inundación³.
- Error humano.
- Peligros naturales externos, tales como inundación, terremoto o tornado.
- Eventos externos inducidos por el hombre, tal como el impacto de un avión.

Las consecuencias que originen cualquiera de estos eventos deben ser mantenidas en un nivel aceptable de seguridad. Esto puede ser logrado por un diseño inherentemente seguro de los sistemas, o disponiendo de medidas adecuadas.

Principios de Diseño: La IAEA ha especificado los siguientes principios de diseño (Serie de Seguridad IAEA N° 110 – Seguridad Nuclear de Instalaciones):

- El diseño debe asegurar que la instalación nuclear es adecuada para una operación confiable, estable y fácilmente manejable. El primer objetivo debe ser la prevención de accidentes.
- El diseño debe incluir la aplicación correcta del principio *defensa en profundidad*, de tal manera que tenga varios niveles de protección y múltiples barreras para evitar la dispersión de material radiactivo y para asegurar que fallas, o combinación de éstas, que puedan producir consecuencias radiológicas significativas, sean de muy baja probabilidad.
- Las tecnologías que se incorporen al diseño deberán ser probadas o calificadas por la experiencia, o por ensayos, o ambos.
- La consideración sistemática de la interfase hombre-máquina y los factores humanos deben ser incluidos en todas las etapas del diseño y en el desarrollo de los requerimientos de operación.
- La exposición a la radiación del personal de la planta y la evacuación de materiales radiactivos al ambiente, deben ser por diseño, tan bajos como sea razonablemente posible.
- Una completa evaluación de la seguridad y una verificación independiente, son realizadas para confirmar que el diseño de las instalaciones habrá de cumplir los objetivos y requerimientos de seguridad antes de que el organismo de operación someta el diseño al organismo regulador.

Factores Humanos: Los operadores y trabajadores de la central, son vulnerables y están sujetos a cometer errores, y esto es tenido en cuenta en el diseño. Por lo tanto, los siguientes principios han sido desarrollados:

- Un diseño seguro debe ser simple para el operador, y tolerar el error humano. Por lo tanto son usadas barreras físicas o administrativas para evitar el error humano o limitar sus efectos. En la interfase con el usuario (donde hay una gran posibilidad de error), al operador se le trata de presentar información que sea entendible y manejable, permitiéndole suficiente tiempo para una toma de decisión y su acción correspondiente.
- Un diseño seguro, tiende a promover las acciones apropiadas del operador considerando el tiempo disponible, las demandas psicológicas de la situación, y el entorno físico. La necesidad de la intervención del operador en

³ Estos accidentes suelen ser por fallos de materiales, a pesar de que están considerados en el diseño, tal como la fatiga de materiales de las tuberías

el corto plazo, es minimizada. Cuando una acción inmediata es necesaria, se inicia automáticamente.

- Si es requerida la operación manual de la central, el equipamiento está en posición accesible, y las condiciones anticipadas del entorno son tenidas en cuenta.

Avances en Sistemas de Apoyo al Operador: Cuando se trabaja con sistemas complejos, e interrelacionados con otros sistemas existe una gran probabilidad de errores que generan gran cantidad de información. Sistemas de apoyo confiables de computación, significan una gran ayuda para los operadores de la central y para todos aquellos que deban tomar decisiones que afecten a la seguridad.

Recientes avances tecnológicos han permitido desarrollos adicionales en estos sistemas procesadores de datos, que presentan información a los operadores.

Los aportes de expertos en ergonometría son muy valiosos en el diseño del entorno de trabajo y en las interfases, tales como paneles de información, control de procesos y sistemas de alarmas.

Esto ha dado como resultado un claro aumento en la eficacia de la operación desde la sala de control, tanto durante condiciones normales como en situaciones anormales.

La seguridad en la operación y su confiabilidad, han mejorado donde estos sistemas se han instalado, aún en centrales de viejo diseño, y estas mejoras ya serán incorporadas en los nuevos diseños.

4.- SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN

Un buen diseño, fabricación y construcción son prerequisites para lograr buenos niveles de seguridad, pero la responsabilidad final para una operación segura, reside en la organización con que opere la central.

Durante la vida útil de la misma, en su fase de operación, los operadores comparten esta responsabilidad. La seguridad en la operación depende en gran medida de:

- La capacidad y preparación del personal responsable por todos los aspectos de la operación de la central.
- La actitud y enfoque para afrontar esas responsabilidades.
- Las actividades y dispositivos de apoyo al operador en la interfase hombre-sistema.
- Los sistemas locales de conducción que ayuden al operador a realizar su trabajo, tales como procedimientos y políticas, el entorno en el trabajo, el entrenamiento, los métodos de comunicación, la supervisión, prácticas en el trabajo y métodos administrativos.

La operación de centrales nucleares es realizada por personal entrenado adecuadamente, y autorizado, que se compromete a respetar procedimientos detallados, convalidados y aprobados, y programas de garantía de calidad.

Los procedimientos de operación proveen al personal de conducción, instrucciones de cómo responder a incidentes previsibles de operación. Los procedimientos son también necesarios para controlar tanto como sea practicable, accidentes que pudieran tener consecuencias severas, aunque la probabilidad de tales accidentes sea extremadamente baja.

Los principales objetivos al seguir estos procedimientos son:

- Restablecer las funciones primarias de seguridad
- Facilitar la recuperación a largo plazo desde las condiciones del accidente.
- Limitar cualquier consecuencia radiológica.

Principios de Operación y Mantenimiento: Estos principios básicos establecidos, especifican que:

- Las condiciones y límites técnicos asignados a distintas partes de la central, son el resultado de un análisis de la seguridad. Estos límites y condiciones marcan efectivamente las condiciones dentro de las cuales debe operar la central.
- La operación, las inspecciones, las pruebas y el trabajo de mantenimiento, son realizados por un número suficiente y adecuado de personal entrenado y autorizado, y siguiendo las instrucciones de procedimientos debidamente aprobados de antemano.
- La organización operadora analiza e informa los incidentes con repercusión en la seguridad a la autoridad reguladora. Ambas organizaciones aseguran que se han aprendido las lecciones correctas, y se han tomado las acciones correctivas necesarias. Experiencias como estas son también compartidas con otros organismos relevantes, nacionales e internacionales.
- Un apoyo técnico y de ingeniería, comprendiendo todas las disciplinas y experiencias relacionadas con la seguridad, está disponible durante toda la vida útil de la central.

Indicadores de la eficacia en la seguridad: *La seguridad es difícil de definir pero se la reconoce fácilmente*, más por ausencia que por presencia, dice la experiencia en el tema. Basado en este concepto, un amplio conjunto de indicadores de la eficacia de la seguridad, ha sido desarrollado por la IAEA.

Tres atributos claves asociados con la seguridad han sido tenidos en cuenta, y así ha sido posible definir maneras de indicar objetivamente la eficacia de la seguridad en la operación. Estos tres atributos claves, señalan que las centrales deben operar:

- Suavemente.
- Con bajo riesgo.
- Con una actitud positiva hacia la seguridad.

Cultura de la seguridad: Se considera que una central tiene una fuerte *cultura de la seguridad*, cuando las características de su organización y la actitud de los individuos apuntan hacia la seguridad y la protección. Ha crecido notablemente la convicción sobre la importancia de desarrollar una fuerte cultura de la seguridad a nivel de la organización y entre el personal de la central.

El manejo de la seguridad y la cultura de la seguridad están interrelacionados y son inseparables. La seguridad surge de cada cosa que la dirección hace, o no hace. Para administrar la seguridad eficazmente, se adopta un enfoque sistemático. Al mismo tiempo está el elemento humano y el riesgo de un error, así que ambos son tenidos en cuenta. Los directivos son conscientes de cómo sus enfoques afectan el comportamiento colectivo e individual.

La cultura de la seguridad se desarrolla lentamente ya que debe procesar adecuadamente los datos aportados por las experiencias desarrolladas durante largos períodos, y es difícil cambiarla rápidamente. Pero una vez lograda, ella sirve como factor estabilizador frente a otros cambios.

Hay tres etapas básicas en el desarrollo de una buena cultura de la seguridad:

- ***ETAPA I - La seguridad se basa solo en normas y reglamentos.***

En esta etapa, una organización percibe la seguridad, puramente como un requerimiento externo, y no como un aspecto de conducta que permitirá alcanzar el éxito. Los requerimientos externos son aquellos que fijan las autoridades, el marco legal y los cuerpos reguladores.

Hay escasa conciencia sobre la importancia del comportamiento y la actitud. La seguridad es vista como un problema técnico, que se resuelve mediante el cumplimiento de normas y reglamentos.

- ***ETAPA II - Una buena eficiencia en la seguridad se torna en objetivo de la organización.***

En esta etapa, la organización considera que la seguridad es un objetivo importante para ella y que debe complementar los requerimientos externos. Aunque existe una conciencia creciente de problemas de comportamiento, este aspecto todavía está ausente en la administración de la seguridad, la que generalmente se concentra en soluciones técnicas y de procedimientos.

La seguridad es tratada en términos de objetivos, con responsabilidades para alcanzarlos. Las organizaciones en esta etapa descubren frecuentemente que después de un período de tiempo, cuando las tendencias hacia la seguridad han mejorado, se alcanza un estancamiento o meseta en la evolución.

- **ETAPA III – La eficiencia en la seguridad siempre puede ser mejorada.**

En esta etapa, la organización ha adoptado la idea de una mejora continua y ha aplicado este concepto a la seguridad. Hay un gran énfasis en las comunicaciones, entrenamiento, estilo de conducción y mejoras en la eficacia y la efectividad. El personal de la organización comprende el impacto que tienen los problemas culturales en la seguridad.

Las centrales en esta etapa son realmente exitosas desde dos puntos de vista, de la seguridad y de los negocios. Sus directivos ven que los problemas de comportamiento y una mejora continua, son esenciales para alcanzar el éxito y mantenerlo a largo plazo.

Realimentación de la experiencia operativa: La organización operadora tiene establecido un programa para la recolección, análisis e información de su experiencia operativa.

Los eventos e incidentes que implican lecciones que deben aprender otros, son informados internamente al personal de la central. También suelen ser informados externamente, a organizaciones nacionales e internacionales, tales como el IAEA/NEA Incident Reporting System (IRS), y el banco de datos de eventos de WANO (World Association of Nuclear Operators).

La mayoría de los incidentes que ocurren en las centrales nucleares, se relacionan frecuentemente con la actuación humana. Debido a ello, las lecciones que deben ser aprendidas son rápidamente transferidas de una central a otra independientemente del tipo de reactor de que se trate.

Para evitar problemas recurrentes, las lecciones aprendidas a través de la experiencia operativa son consideradas tanto por la organización operadora como por el organismo regulador. Ambos deben determinar si se requiere tomar acciones que impliquen cambios en la central, en los procedimientos o en el entrenamiento del personal.

Los procedimientos deben ser seguidos y evaluados al hacerles modificaciones. Antes de cambiar los límites operacionales y sus condiciones, se pone en marcha un proceso que incluye un análisis de seguridad, para justificar el cambio.

Avances en la seguridad de operación: La incorporación de dos factores, la excelencia en la operación nuclear y una firme actitud frente a la seguridad, conducen a una elevada eficiencia económica en la generación nucleoelectrónica.

En años recientes, se han alcanzado mejoras significativas en términos de eficacia de la seguridad y aumento de la producción. Los indicadores internacionales muestran que varios aspectos diferentes de la operación de las centrales, tales como los factores de disponibilidad y la frecuencia de paradas automáticas no planificadas, han mejorado notablemente.

También los indicadores del INES, que miden la severidad de los problemas, señalan claramente una disminución de los eventos de mayor significación.

Otros ejemplos de avances en la seguridad de operación son los siguientes:

- Mayor colaboración y menor aislamiento entre los operadores.
- Mayor reconocimiento de la necesidad de mejoras continuas, a través de la búsqueda de la excelencia en la seguridad de operación.
- El desarrollo de métodos innovativos de auto evaluación y un uso más amplio del análisis de riesgos.
- Mayor entendimiento de la cultura de la seguridad y su tratamiento.
- Atributos personales del operador, tales como cualidades de liderazgo, y un mayor entendimiento de los factores humanos.

5.- EL CONTROL DE LOS RIESGOS

Evaluación de riesgos: En una central nuclear, los escenarios de secuencias de accidentes posibles, se identifican y analizan en un proceso llamado *Evaluación Probabilística de la Seguridad* (PSA – Probabilistic Safety Assessment). La mayoría de las centrales nucleares en el mundo cuentan con un PSA propio.

En estas evaluaciones, se desarrollan modelos de confiabilidad en una forma completa y estructurada, que reproducen estimaciones probabilísticas del riesgo. Un PSA es por lo tanto, una poderosa herramienta para evaluar los riesgos asociados con una central en particular.

La mayoría de los países requieren un PSA para sus centrales nucleares. El PSA normalmente forma parte del SAR (Safety Análisis Report) o Informe de Seguridad, que es requerido en el proceso de licenciamiento de una central nuclear. El PSA también forma parte del PSR (Periodic Safety Review) o Revisión Periódica de la Seguridad, un ejercicio importante que se realiza en las centrales de la mayoría de los países, cada diez años.

Gracias a las mejoras en la capacidad de las computadoras y sus programas, los PSA pueden ser actualizados en cuestión de minutos, en lugar de días, y los modelos utilizados, dan una evaluación del impacto de las actividades planificadas en una central nuclear.

Control de riesgos: El uso del PSA está considerado una primera prioridad en relación con:

- El diseño de la central.
- Las mejoras en la central.
- La evaluación de problemas de seguridad.
- Las revisiones periódicas de la seguridad.

- Las mejoras de los procedimientos de operación de emergencia y los programas de entrenamiento de los operadores.
- La evaluación de los problemas de operación.

Hay un acuerdo general en el campo de las centrales nucleares, en que los PSA deben reflejar una evaluación *permanente* de la seguridad. Es decir, deben ser actualizados en tanto y en cuanto sea necesario, para que se basen en todo momento en el diseño actualizado y los últimos dispositivos de operación, y además deben ser utilizados tanto por diseñadores, como por empresas eléctricas y entes reguladores.

Las centrales utilizan el PSA cada vez con más frecuencia, para monitorear factores seguridad/riesgo y dar prioridad a mejorar la seguridad y optimizar la seguridad en la operación.

Objetivos en la seguridad: IAEA ha recomendado algunos objetivos probabilísticas que representan un nivel aceptable de riesgo, para distintas situaciones hipotéticas de accidentes. Estos objetivos consisten en valores numéricos y son conocidos como PSC (Probabilistic Safety Criteria) Criterio Probabilístico de Seguridad. Los entes reguladores generalmente insisten en que los riesgos sean aún inferiores a los recomendados internacionalmente.

Los objetivos cubren una frecuencia hipotética de ocurrencias de:

- Daño al núcleo del reactor.
- Escape importante de material radiactivo.
- Efectos en la salud en miembros del público.

1.- Daño al núcleo del reactor: IAEA ha propuesto los siguientes objetivos:

- Plantas existentes: 10^{-4} por reactor.año, 1 chance en 10.000 por año.
- Plantas futuras; 10^{-5} por reactor.año, 1 chance en 100.000 por año.

2.- Escape de material radiactivo:

- Plantas existentes: 10^{-5} por reactor.año, probab. 1 en 100.000 por año
- Plantas futuras: 10^{-6} por reactor.año, probab. 1 en 1.000.000 por año

3.- Efectos en la salud: Riesgo individual de muerte: 1 en 1.000.000 por año.

Estas probabilidades numéricas, deben interpretarse de la forma siguiente:

El hecho que provee experiencia operativa, es la cantidad total de años que operan todas las centrales, y es acumulativo, es decir, resulta de multiplicar el total de centrales por los años que ha operado cada una, por ello, el resultado se medirá en *reactor.año*. En teoría, los casos extremos son; un reactor operando 10.000 años, o 10.000 reactores operando un año.

Para el caso de daño al núcleo del reactor, recién cuando ese producto sea 10.000, la probabilidad indica que puede ocurrir una vez en el año.

6.- SUPERVISION REGULADORA

Infraestructuras: La regulación de la seguridad nuclear está basada en la estructura legal de los Estados. Esto no solo cubre la operación de centrales nucleares sino también la seguridad contra la radiación, el control de los desechos radiactivos, su transporte y almacenamiento definitivo.

En nuestro país, la Autoridad Regulatoria Nuclear es la responsable de este control. (www.arn.gov.ar)

La orientación dada en estas áreas tienden a desarrollar el marco legal para establecer un organismo regulador, con un grado de autoridad tal, como para que el ente pueda ejecutar sus responsabilidades.

Una función primaria de la autoridad reguladora es **autorizar** las actividades de todos aquellos que hacen uso de la energía nuclear. Primeramente han debido establecer criterios y principios de seguridad que utilizará para su toma de decisión.

Debe acordar con los licenciatarios potenciales sobre qué información deben presentar, y como esa información será revisada. De esta forma resultará claro para todos, cómo la autoridad ha tomado tal o cual decisión.

Al autorizar una actividad particular, tendrá que fijar también las condiciones que deberán ser cumplidas.

Otra función primaria del ente regulador, es el **trabajo de inspección** para determinar que las condiciones exigidas son cumplidas por el operador. Si se identifica alguna desviación en el cumplimiento de esas condiciones, la autoridad reguladora tiene el poder como para hacerlas cumplir.

Por ejemplo, puede negarse a prolongar el permiso de operación de una central, hasta que esas condiciones sean cumplidas.

La comunicación es un aspecto importante en el trabajo del ente regulador y se realiza a distintos niveles. Esta actividad comprende la publicación de principios y criterios y sus cambios, el anuncio de regulaciones y guías de seguridad, procedimientos de consulta y la publicación de sus decisiones.

La comunicación en general, contribuye a otorgarle transparencia a todo el proceso regulador. Hacerle llegar la información al público, refuerza la credibilidad en que es una autoridad independiente, objetiva y solo comprometida con la seguridad pública.

Hay una necesidad de informar libremente, pero se debe asegurar que la información altamente tecnicada llegue de forma adecuada para la comprensión del público.