

# Panorama internacional: buenas prácticas en las centrales nucleares

*Resumen de las conclusiones de dos estudios del OIEA sobre los factores que inciden en el buen desempeño de las centrales nucleares*

por F. Calori  
y J. Dular

**D**urante el último decenio se han observado tendencias positivas en el rendimiento de las centrales nucleares del mundo. En 1990, un total de 231 centrales nucleares —es decir, casi dos tercios de los reactores nucleares que no son prototipo del mundo con una potencia mayor de 100 megavatios eléctricos (MWe)— tuvieron altos niveles de rendimiento. Funcionaron con un factor de disponibilidad de energía (FDE) de entre 70% y 90%, según datos estadísticos del Sistema de Información sobre Reactores de Potencia (SIRP) del OIEA. Treinta y tres de estas centrales declararon un FDE (expresión porcentual del tiempo en que la central está en condiciones de producir electricidad) superior al 90%. Estas cifras representan todo un logro para la industria nuclear. (Véase el gráfico.)

Al mismo tiempo, empero, se pueden observar variaciones significativas en centrales dirigidas por diferentes organizaciones de explotación. En 1990, por ejemplo, 48 centrales nucleares declararon un FDE inferior al 50%.

Para determinar y analizar las razones que motivaron tales diferencias, el OIEA emprendió dos estudios que abarcaron varias centrales nucleares\*. Los estudios fueron diferentes en alcance e índole y se realizaron con independencia uno del otro. Un estudio —al que cabría denominar de forma general el estudio sobre “buenas prácticas”— estuvo dirigido a una población restringida de centrales seleccionadas por sus buenos resultados. El otro —denominado estudio del GESO en el presente artículo— fue un subproducto del programa del Grupo de Examen de la Seguridad Operacional del OIEA. En el marco de este programa, y a petición de las autoridades nacionales, expertos internacionales realizan exámenes *in situ* de centrales nucleares, para evaluar la idoneidad de las prácticas en que se apoya la seguridad operacional.

En este artículo se examinan los propósitos y objetivos fundamentales de los dos estudios y se

resumen sus conclusiones más importantes, incluida la determinación de los principales factores que contribuyen a alcanzar buenos resultados en una central nuclear.

## El estudio sobre “buenas prácticas”

Iniciado a fines del decenio de 1980, el estudio del OIEA sobre “buenas prácticas” tuvo por objeto determinar las razones principales de las grandes variaciones que se observaban en el desempeño de las centrales nucleares del mundo.

El estudio se centró en aquellas medidas que permiten a las organizaciones explotadoras sobrecumplir los requisitos impuestos por las autoridades reglamentadoras. Estas organizaciones tratan en general de establecer, mantener y aumentar la fiabilidad del equipo de la central, el nivel de responsabilidad y competencia del personal, y los métodos de planificación, ejecución y control del trabajo.

El estudio incluyó visitas a ocho centrales nucleares de siete países que se seleccionaron por registrar un buen nivel de rendimiento de manera sostenida, tal como indicaban primordialmente sus respectivos factores de disponibilidad. Además, se visitaron varios grupos de apoyo operacional y tres organizaciones independientes que dan apoyo a compañías de servicios públicos múltiples.

En las centrales visitadas había un total de 22 unidades nucleares en explotación, que en conjunto ya tenían acumulada una experiencia comercial de cerca de 130 años-reactor en el momento en que se realizó el estudio. Dichas unidades eran representativas de las centrales nucleares del mundo en cuanto a tamaño (445 a 1248 MWe), tipo (PWR, BWR, PHWR) y años de servicio (1973 a 1986). La selección se basó en los criterios siguientes:

\* Véanse *Good Practices for Improved Nuclear Power Plant Performance*, IAEA TEC-DOC 498, Viena (1989), y *OSART Good Practices, 1986-89*, IAEA TEC-DOC 605, Viena (1991).

Los Sres. Calori y Dular son altos funcionarios del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares del OIEA.



- la experiencia acumulada por la compañía asociada en la explotación de la energía nuclear (más de 10 años);
- el número de unidades en explotación (dos o más);
- el factor de disponibilidad de energía registrado en el SIRP (siempre superior al rendimiento medio mundial y mejorado sostenidamente durante un período no menor de dos años antes de que comenzara el estudio).

### El estudio del GESO

El segundo estudio, realizado de conformidad con el programa del GESO, se derivó de las misiones que el OIEA envía regularmente para verificar la seguridad operacional de las centrales nucleares.

En el transcurso de las misiones, los equipos del GESO toman nota de las buenas prácticas que inciden en la seguridad operacional y en el desempeño de la central nuclear que visitan. Las misiones comenzaron a identificar las buenas prácticas en 1986, y éstas se vienen compilando sistemáticamente desde 1988.

El propio programa del GESO se estableció en 1982, luego de reconocerse que la seguridad de una central depende en última instancia de la capacidad y el esmero del personal que la explota y de sus instrumentos y métodos de trabajo. En intercambios técnicos entre los especialistas del GESO y sus contrapartes de la central, se identifican los problemas, que luego se analizan en detalle, y se elaboran posibles soluciones y opciones.

Las observaciones concretas de las distintas misiones del GESO quedan documentadas en notas técnicas, las cuales sirven de fuente para elaborar el

informe oficial que el GESO presenta al gobierno del país huésped. Las notas técnicas contienen propuestas de perfeccionamiento y descripciones de buenas prácticas recomendables. Las buenas prácticas observadas en el curso de cada examen se comunican a la propia central y también se comprueba su posible aplicación en otras centrales. Además, son objeto de una amplia divulgación entre todas las organizaciones que construyen, explotan o reglamentan centrales nucleares.

Deben tenerse presentes algunos aspectos en relación con las buenas prácticas observadas por las misiones del GESO. Puesto que algunas prácticas fueron observadas por primera vez hace algunos años, es posible que ya se hayan generalizado y hecho corrientes. Además, debido a la índole específica de cada misión del GESO y a las opiniones subjetivas de los distintos miembros de los equipos, no todas las buenas prácticas son aplicables a todas las centrales nucleares.

### Elementos principales de un buen rendimiento

Según los resultados de los dos estudios, hay un grupo de prácticas y procedimientos operacionales que son los elementos principales del buen rendimiento de una central y que, en general, se relacionan con los siguientes aspectos:

**Principios generales de una gestión con calidad.** En los estudios se observaron prácticas que reflejan la participación permanente del personal directivo, fomentan la responsabilidad del personal y establecen elevadas expectativas de rendimiento. A estos efectos, una gestión eficaz asegura que los objetivos y metas funcionales, que indican con claridad lo que

Vista aérea de la central nuclear de Takahama en el Japón.

UNIDAD	PAIS (EXPLOTADOR)	TIPO	CAPACIDAD MWe NETOS	COMIENZA A FUNCIONAR COMERCIALMENTE	FDE ACUMULADO HASTA 1989	EXAMEN GESO
BARSEBECK1-2	SUECIA (SYDKRAFT)	BWR	2 x 600	1975-1977	Unidad 1: 79,3 2: 84,5	1986
PICKERING 1-8	CANADA (OH)	PHWR	8 x 516	1971-1986	58,2-89,6*	1987
CALVERT CLIFFS	EE UU (BGE)	BWR	2 x 825	1975-1977	Unidad 1: 69,2 2: 74,2	1987
PHILIPPSBURG 1-2	ALLEMAGNE (KKP)	PWR	864 1268	1985	Unidad 1: 65,6 2: 88,7	1987
ALMARAZ 1-2	ESPAÑA (CNAL)	PWR	2 x 900	1981-1984	Unidad 1: 70,1 2: 81,2	1987
TAKAHAMA 3-4	JAPON (KEPCO)	PWR	2 x 830	1985	Unidad 3: 84,0 4: 86,8	1988
ST. ALBAN 1-2	FRANCIA (EDF)	PWR	2 x 1335	1986-1987	Unidad 1: 60,5 2: 68,1	1988
PAKS-3	HUNGRIA (MWM)	WWER	410	1986	87,5	1988
ROVNO-3	UCRANIA (MAPI)	WWER	950	1987	74,4	1988
KANUPP	PAKISTAN (PAEC)	PHWR	125	1972	25,7	1989
ANGRA	BRASIL (FURNAS)	PWR	626	1984	24,9	1989
BYRON 1-2	EE UU (COMED)	PWR	2 x 1120	1985-1987	Unidad 1: 69,0 2: 69,1	1989

\* Valores máximos y mínimos entre las ocho unidades.

Fuente: SIRP, OIEA

Notas: FDE = factor de disponibilidad de energía. Los factores comienzan a calcularse un mes después de la entrada en explotación comercial.

### Centrales nucleares en el estudio del GESO

se quiere lograr, sirvan de base para elaborar los programas y planes de trabajo, asignar los recursos necesarios y comunicar al personal las expectativas de rendimiento. Generalmente, los objetivos funcionales aparecen en los documentos normativos y procedimientos de la central, están integrados en los programas de trabajo y de capacitación del personal, se comunican a los contratistas antes de comenzar el trabajo, y el personal administrativo los reitera en las comunicaciones y reuniones diarias.

Un elemento importante en este proceso es la definición de una estructura orgánica y de su corres-

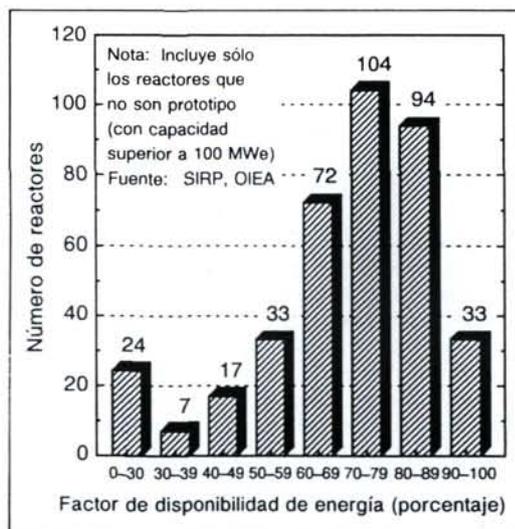
pondiente autoridad y responsabilidad. El director de la central vela porque las directrices en que se delimitan las responsabilidades funcionales y sus respectivas interfaces estén enunciadas en la documentación de la central, sean comunicadas al personal y sean comprendidas y aceptadas por todos. En esto se incluyen las relaciones del personal de la central con la dirección de la empresa y los grupos externos de apoyo operacional.

Se dedica especial atención al establecimiento de mecanismos efectivos de notificación que aseguren que los asuntos importantes se pongan rápidamente en conocimiento de la administración mediante partes emitidos por los supervisores de turnos, notificaciones de sucesos, sistemas de aviso o resultados de auditorías. El personal de ejecución es la fuente primordial de información de los niveles directivos superiores. Si se detectan problemas por otras vías, el personal directivo superior cuida de no pasar por alto al personal directivo de ejecución al aplicar las medidas correctivas.

La formación de un espíritu de trabajo en equipo se considera una tarea importante de toda buena administración. El trabajo en equipo se cultiva y consolida insistiendo en la necesidad y las ventajas de la cooperación, la comunicación y la coordinación. Los siguientes son buenos ejemplos de intervenciones del personal directivo para promover el trabajo en equipo y elevar el nivel de responsabilidad del personal:

- reuniones matutinas diarias con la participación de los miembros principales del personal de explotación, de mantenimiento, técnico, de planificación y otros miembros del personal de apoyo para examinar

### Factores de disponibilidad de energía de centrales nucleares en 1990



UNIDAD	PAIS (EXPLOTADOR)	TIPO	CAPACIDAD MWe NETOS	EXPLOTACION COMERCIAL	FDE 1985-1987	FDE ACUMUL. HASTA 1987
BARSEBECK-1 BARSEBECK-2	SUECIA (SYDKRAFT)	BWR BWR	600 600	1975 1977	89,3 91,5	78,3 84,2
BLAYAIS-1 BLAYAIS-2 BLAYAIS-3 BLAYAIS-4	FRANCE (EDF)	PWR PWR PWR PWR	910 910 910 910	1981 1983 1983 1983	82,0 85,7 89,4 81,5	76,6 81,3 86,9 80,9
FUKUSHIMA-DAINI-1 FUKUSHIMA-DAINI-2 FUKUSHIMA-DAINI-3 FUKUSHIMA-DAINI-4	JAPON (TEPCO)	BWR BWR BWR BWR	1067 1067 1067 1067	1982 1984 1985 1987	82,5 74,5 * *	79,1 79,8 * *
GUNDREMMINGEN-B GUNDREMMINGEN-C	ALEMANIA (KGB)	BWR BWR	1240 1248	1984 1985	84,3 83,3	85,3 83,3
LOVIISA-1 LOVIISA-2	FINLANDIA (IVO)	PWR PWR	445 445	1977 1981	92,7 89,0	81,6 86,3
PICKERING-5 PICKERING-6 PICKERING-7 PICKERING-8	CANADA (OH)	PHWR PHWR PHWR PHWR	516 516 516 516	1983 1984 1985 1986	82,7 78,5 87,6 *	82,6 79,9 87,6 *
PRAIRIE ISLAND-1 PRAIRIE ISLAND-2	EE UU (NSP)	PWR PWR	503 500	1973 1974	83,9 90,7	78,4 83,2
TVO-1 TVO-2	FINLANDIA (TVO)	BWR BWR	710 710	1979 1982	90,3 92,3	86,2 90,9

\* Menos de 23 meses de explotación comercial en el momento del estudio.

Fuente: SIRP, OIEA

Notas: FDE = Factor de disponibilidad de energía. Los factores comienzan a calcularse un mes después de la entrada en explotación comercial.

los problemas operacionales y las correspondientes medidas correctivas;

- comités o grupos de examen, en que participen representantes de órganos de apoyo de la empresa y de otras entidades encargados de abordar problemas especiales que exigen competencia interdisciplinaria;
- rotación del personal clave entre los departamentos de la central o entre ésta y los grupos de apoyo de la empresa para propiciar que el personal se conozca y estimular iniciativas;
- uso de ingenieros de sistemas para que actúen como centros de coordinación de las actividades relativas a un sistema específico de la central; y
- frecuentes recorridos del personal directivo por la central a la vista de sus subordinados, durante los cuales se detengan a deliberar y demuestren que conocen las actividades del personal.

Además, una gestión eficaz está atenta a los datos funcionales y al análisis de sus tendencias. A estos efectos, un conjunto de indicadores funcionales seleccionados, específicos de la central, sirve de instrumento eficiente para descubrir sin demora los incumplimientos de las normas y alertar a la administración sobre problemas incipientes. Es importante que las tendencias y los logros funcionales se comuniquen prontamente al personal mediante avisos en tableros de anuncios de la central, la distribución de informes sobre el rendimiento y exámenes de las tendencias en reuniones con el personal.

Estas prácticas son importantes porque convienen al personal de que:

- se descubren sistemáticamente las deficiencias funcionales y sus correspondientes causas originarias, y se corrigen para impedir su repetición;

- se elaboran objetivos y programas encaminados a mejorar el rendimiento, se les otorga prioridad y se les asignan los recursos necesarios; y

- se supervisa la marcha de los trabajos hasta su culminación.

Una cultura de la calidad sólida y rigurosa constituye un importante elemento de la gestión acertada de una central\*. Dicho concepto se basa en las siguientes prácticas:

- Los programas de garantía de calidad abarcan todos los sistemas asociados a la producción de energía de la central y no sólo los sistemas relacionados con la seguridad.
- La responsabilidad por el logro y la verificación de la calidad recae sobre quienes ejecutan la tarea y sobre su correspondiente personal directivo.
- Las modificaciones temporales o permanentes de la central son preparadas, examinadas y aprobadas por un personal conocedor del propósito del diseño de los sistemas afectados y capaz de asegurar que las modificaciones propuestas sean funcionales y duraderas.
- Existe un mecanismo destinado a garantizar que las modificaciones aprobadas se comuniquen a las unidades afines de la compañía para su aplicación.
- La documentación de la central, incluidos los planos y los procedimientos, se actualizan oportunamente de conformidad con las revisiones de la

\* Véase "La garantía de calidad en las centrales nucleares: elaboración de programas en función de los resultados", por F. Hawkins y N. Pieroni, *Boletín del OIEA*, Vol. 33, N° 4 (1991).

### Centrales nucleares en el estudio del OIEA sobre "buenas prácticas"

configuración, se retira la documentación obsoleta y se toman las medidas pertinentes para que el personal conozca los cambios.

El personal directivo competente de una central comprende en toda su magnitud la importancia de establecer y mantener relaciones de trabajo duraderas con el ingeniero arquitecto que diseñó la central y con las principales organizaciones vendedoras y proveedoras. De una buena relación pueden derivarse grandes ventajas.

Esta interacción entre la administración y los proveedores se sustenta mediante la presentación sistemática de información a las organizaciones vendedoras y proveedoras sobre el desempeño de su equipo y sus componentes. Para que se produzca un intercambio de experiencias activo y expedito, se insta a los vendedores y proveedores a que designen un representante residente en el emplazamiento de la central. Uno de los factores que ha contribuido a elevar el nivel de disponibilidad de la central es la concertación de contratos y acuerdos a largo plazo en materia de investigación y desarrollo destinados al suministro de servicios especiales de inspección, mantenimiento y consultoría técnica y el desarrollo de instrumentos especiales.

Análogamente, mantener una relación profesional franca y amistosa con las autoridades reglamentadoras oficiales ayuda mucho a resolver los problemas relativos a la concesión de licencias sin demoras innecesarias y a acelerar las inspecciones reglamentarias *in situ* durante las interrupciones del servicio de la central, lo que contribuye a aumentar su disponibilidad.

Para que un sistema de gestión de la calidad funcione correctamente y rija la explotación segura y fiable de la central es fundamental que los procedimientos programáticos estén bien establecidos y claramente definidos. Una tarea importante del director de la central es adoptar un enfoque riguroso y sistemático respecto de la preparación, aprobación y garantía del cumplimiento de los procedimientos.

**Control operacional de la central.** En las centrales nucleares que exhiben buenos resultados, las actividades operacionales se ejecutan disciplinadamente a fin de poder determinar con prontitud los problemas del equipo y darles una respuesta apropiada con el mínimo posible de errores humanos.

La calidad de los documentos de apoyo destinados al personal de explotación es un factor importante para reducir al mínimo los errores de origen humano y lograr que la central obtenga buenos resultados. Los procedimientos operacionales son claros, concisos y fáciles de aplicar. Los prepara el personal de operaciones, los verifican y aprueban en el terreno altos funcionarios directivos y sólo después se autoriza su aplicación con lo cual se garantiza que cumplan el objetivo de diseño de la central. Luego se actualizan a intervalos breves de modo que reflejen la nueva información y las lecciones extraídas de la experiencia. En caso de que se introduzcan modificaciones importantes en la central, los cambios de procedimiento se integran rápidamente en programas de capacitación teórica y con simuladores. Se pone sumo cuidado en reducir al mínimo el número y la duración de las instrucciones de explotación provisionales que sustituyen los procedimientos normales. Esto se controla mediante un examen frecuente de las

instrucciones provisionales vigentes por parte de altos funcionarios, comités de operaciones o comités de examen de la seguridad de la central.

Un requisito indispensable para el buen desempeño de la central es que las dotaciones de operadores conozcan las condiciones del equipo y los sistemas que tienen bajo su responsabilidad. Esto se logra mediante un riguroso y estrictamente disciplinado control de la situación de la central, que se supervisa continuamente.

El control se efectúa mediante inspecciones sistemáticas por grupos de expertos y pruebas de vigilancia programadas que realiza el personal calificado de la sala de control para confirmar que los componentes y los sistemas están en perfecto estado técnico. Se establecen procedimientos y canales de información precisos para documentar las deficiencias y señalarlas a la atención de los supervisores a fin de que se tomen medidas correctivas. La conservación de un registro de incidencias oportuno y exacto, que refleje plenamente las actividades de la central, es un elemento importante del control del estado de la central. El esmero en la anotación de incidencias contribuye a una continuidad eficaz entre turnos de trabajo, garantiza que los problemas se sigan hasta su solución y ayuda a los altos funcionarios a efectuar verificaciones en sus actividades de vigilancia operacional. Se establecen procedimientos oficiales para la eficaz transferencia de la información sobre el estado de la central en los cambios de turno. En este proceso se incluye el consentimiento del personal entrante y saliente sobre el traspaso y aceptación de responsabilidades.

En la explotación del equipo *in situ* se aplican medidas administrativas estrictas, incluso la de aislarlo para fines de mantenimiento. Las operaciones *in situ* se ejecutan de acuerdo con las órdenes operacionales, las que prepara y autoriza un personal calificado. Estas órdenes prescriben las distintas posiciones de cada componente y la secuencia operacional correcta. Las excepciones están definidas en los procedimientos de la central, y si se advierte que un dispositivo *in situ* está en condiciones anormales, se suspende la ejecución de la orden operacional hasta su examen por el personal de la sala de control. Se establece una estrecha comunicación entre el personal de operaciones y el de mantenimiento en relación con la índole del trabajo que se les ha encomendado, los peligros que entraña para la seguridad de los operarios contiguos, las especificidades del aislamiento del equipo y la prueba propuesta para después del mantenimiento. Existen minuciosas disposiciones en lo relativo a las firmas con que se deja constancia de las actividades realizadas y las responsabilidades aceptadas. Se delimitan claramente las responsabilidades por el examen que antecede a la reanudación del funcionamiento normal, y en cuanto a esta reanudación, se define bien cuál es la autoridad encargada de disponer la puesta en marcha. Este método refleja el principio básico de que la seguridad de la central se antepone a los objetivos de producción.

Los buenos explotadores hacen especial hincapié en reducir la exposición del personal, controlar los efluentes radiactivos y reducir el volumen de los desechos radiactivos sólidos. Son dignas de mención las siguientes medidas:

- Se analizan las labores expuestas a radiaciones y se fiscalizan la ejecución del trabajo y sus resultados. La entrada en zonas controladas tiene lugar de acuerdo con sistemas bien diseñados.

- Se presta particular atención a la vigilancia de los efluentes radiactivos. Existen laboratorios móviles para la vigilancia del medio ambiente, se ejecutan continuas mediciones de los radionucleidos en la chimenea y los radionucleidos del refrigerante primario se observan con una frecuencia regular (diaria).

- Se vela por la reducción del volumen de desechos radiactivos mediante la limpieza y evacuación de los componentes grandes, entre otras medidas.

En las centrales bien explotadas se presta mucha atención a la química, especialmente a la química del agua. En tal sentido, se vigila durante el funcionamiento el circuito del vapor de agua y se analiza regularmente cada acontecimiento que afecta la química de la central, lo cual sirve de base para preparar manuales de capacitación de químicos. Además, se aplican programas especiales de investigación sobre corrosión.

**Organización del mantenimiento.** La ejecución de actividades de mantenimiento cuidadosamente preparadas, estrictamente controladas y puntualmente ejecutadas repercute mucho en la disponibilidad de la central.

Para elevar al máximo la fiabilidad del equipo y así mejorar el desempeño de la central, los buenos explotadores aumentan cada vez más las actividades de mantenimiento preventivo. Esto también ayuda a reducir los costos de mantenimiento dada la planificación sistemática de los trabajos, la restricción de las interrupciones del servicio y una utilización más uniforme de los recursos de mantenimiento. Para supervisar el estado del equipo en explotación, se emplean algunas técnicas de mantenimiento predictivo. Estas técnicas alertan a los explotadores sobre la incipiente degradación del equipo, con lo cual se disminuyen las paradas forzosas y se facilita la programación del mantenimiento preventivo y correctivo.

Los buenos explotadores realizan diligentemente el mantenimiento correctivo y vigilan de cerca la acumulación de retrasos. Se mantiene una lista actualizada de las labores que requieren la parada de la unidad y se prepara una lista de trabajos prioritarios para aprovechar al máximo las paradas no programadas. Se llevan archivos con el historial del equipo, que contienen los registros completos del trabajo de mantenimiento. En ellos se resume el trabajo efectuado, las exposiciones a la radiación asociadas, el tiempo que se invirtió en cada tarea, observaciones sobre las condiciones en que se encontraron los componentes, y sugerencias para mejorar el trabajo en el futuro. Para las labores de mantenimiento cruciales se realizan ensayos en maquetas antes de emprender el verdadero trabajo *in situ*. Se llevan inventarios de instrumentos y se aplica un control estricto en las zonas de mantenimiento especializado para prevenir la introducción accidental de objetos extraños en los sistemas o componentes. Se usan ampliamente instrumentos automatizados para disminuir la exposición de los trabajadores a las radiaciones, reducir el tiempo y el trabajo necesarios para concluir las tareas y realizar

un trabajo de alta calidad. Un inventario bien surtido de piezas de repuesto *in situ* hace más eficaz el mantenimiento. Su almacenamiento está sujeto a prácticas eficaces de gestión de materiales, como por ejemplo, mantenimiento de inventarios computarizados, verificación del estado en que están al recibirlos, atención a las condiciones de almacenamiento para impedir el deterioro, y rotulado correcto de las piezas. El acceso a reservas comunes de varias compañías para obtener componentes de repuesto fundamentales constituye una vía excelente para facilitar la ejecución de los programas básicos de inspección y restauración con una repercusión mínima en el tiempo de parada de la central.

También son importantes los medios de apoyo al mantenimiento *in situ*. Entre éstos se incluyen tanques de descontaminación química, electroquímica, o ultrasónica en los cuales se sumergen los componentes —como los propulsores de las bombas del refrigerante primario y las partes internas de las válvulas— a fin de facilitar y agilizar su restauración; talleres especiales capaces de efectuar la reparación general de componentes contaminados; e instalaciones de ensayo con maquetas para la capacitación y la comprobación de instrumentos. Entre las medidas especiales aplicadas para almacenar los instrumentos que requieren un mantenimiento especializado figuran procedimientos destinados a asegurar que los instrumentos están debidamente rotulados para su fácil recuperación, y que se encuentren efectivamente descontaminados o reparados después de su empleo, lo cual garantiza su disponibilidad para usos futuros.

En las centrales nucleares que obtienen buenos resultados la no disponibilidad obedece en gran parte a paradas planificadas para la inspección del reabastecimiento de combustible y el mantenimiento. Por tanto, la gestión eficiente de las paradas es uno de los principales elementos para que la central tenga un buen desempeño general y altos factores de disponibilidad\*.

Entre los aspectos que contribuyen sustancialmente a la gestión acertada de las paradas se cuentan:

- una organización eficiente a cargo de las paradas, que se consagre plenamente a lograr los objetivos previstos para cada una y a la vez reducir al mínimo su extensión;
- elaboración de una estrategia de paradas a largo plazo que satisfaga los requisitos establecidos por la compañía para la explotación segura y fiable a largo plazo de la manera más eficaz en función de los costos;
- planificación y preparación detalladas y exhaustivas de la parada que garanticen la disponibilidad de personal calificado en la central y fuera de ella, y de instrumentos especializados para realizar las labores inherentes a la parada;
- atención a la selección, instrucción y supervisión del personal del contratista;
- realización de un examen después de cada parada para determinar las lecciones aprendidas y disponer la aplicación de medidas correctivas minuciosas y

\* Véase *Good Practices for outage Management in Nuclear Power Plants*, TEC-DOC 621, OIEA, Viena (1991).

duraderas, destinadas a prevenir las deficiencias y asegurar un perfeccionamiento continuo.

Un proceso de verificación de paradas riguroso y sistemático, en que se induzca a todo el personal a aportar posibles iniciativas de perfeccionamiento, entraña grandes beneficios potenciales. Cada persona recibe una nueva oportunidad de contribuir al logro de los objetivos de la central y ello acrecienta la responsabilidad y el sentido de propiedad individuales. Este proceso es uno de los métodos que consolida en el personal una ética dirigida al perfeccionamiento continuo de la central.

**Apoyo técnico.** Para que la explotación de la central sea fiable y cumpla normas de seguridad operacional elevadas es indispensable contar con un apoyo técnico sólido y competente en el emplazamiento y la empresa.

El apoyo técnico eficaz se asegura mediante el establecimiento y la ejecución de un programa de vigilancia técnica de todos los sistemas de la central que sean esenciales para la seguridad y la fiabilidad. Ese programa incluye disposiciones encaminadas a asegurar que existan procedimientos claros y responsabilidades definidas para la comprobación periódica de los parámetros operaciones y el desempeño de los sistemas de la central a fin de evaluar los cambios que experimentan con el tiempo. Esto se hace sistemáticamente, examinando las deficiencias mediante el análisis de los libros de incidencias, los informes de mantenimiento y las evaluaciones rápidas de las pruebas ordinarias y extraordinarias, así como de sus tendencias. Los procedimientos de las centrales se examinan con regularidad para comprobar si están actualizados con respecto a las modificaciones adoptadas y tienen debidamente incorporada la experiencia operacional.

Los sucesos significativos, incluidos los que no ocurrieron por un margen muy escaso, se comunican de inmediato al personal directivo. A tal efecto, se elaboran directrices en las que se especifican los tipos de sucesos que hay que verificar, los métodos que se deben emplear al respecto y las personas responsables de determinar y ejecutar las correspondientes medidas correctivas.

El análisis competente y sistemático de la experiencia operacional es indispensable para mejorar el rendimiento, y constituye una importante tarea del personal de apoyo técnico, quien es ayudado por grupos centrales de la compañía, el personal directivo superior y comités especiales de examen multidisciplinarios. La experiencia operacional de la central o la compañía se complementa examinando la experiencia de otras centrales o compañías. A este fin, un departamento de apoyo técnico bien administrado establece métodos para obtener retroinformación de la experiencia externa mediante los sistemas de información de la red nuclear, entre ellos, el Significant Operating Event Report del Institute of Nuclear Power Operations, los Sistemas de Notificación de Incidentes del OIEA y de la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos; los boletines y anuncios de los vendedores y proveedores, y las agrupaciones de compañías, tales como la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares o la Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Energía Eléctrica.

Las conclusiones y los resultados de las actividades de vigilancia técnica del grupo de apoyo técnico se presentan periódicamente al director de la central mediante informes oficiales sobre los parámetros fundamentales de seguridad, ambientales y funcionales. Estos informes incluyen un resumen de los antecedentes operacionales del equipo o los componentes y una evaluación de sus consecuencias a largo plazo para la seguridad y la fiabilidad de la planta.

**Capacitación y calificación.** En las centrales nucleares y los centros de capacitación, la atención se centra en la capacitación de los instructores y el empleo de simuladores para capacitar al personal de explotación.

La competencia técnica de los instructores se mantiene mediante su participación periódica en las actividades de la central. Dado que poseen licencias de operadores, las mantienen y participan en el programa de recalificación de operadores. En algunos centros de capacitación establecidos para nuevas centrales nucleares se observaron programas bien elaborados para la capacitación de operadores con simuladores. Estos centros están equipados con simuladores a escala natural, reducida y parcial. Los últimos dos tipos también se usan en las centrales para complementar la capacitación teórica. Asimismo, existen grupos especiales de capacitación, que abarcan distintas disciplinas y que están facilitando el intercambio de la experiencia operacional en el empleo durante el adiestramiento.

Otro campo en que se observaron esfuerzos especiales fue la capacitación del personal de mantenimiento, en que se presta especial atención a las instalaciones utilizadas a esos efectos. También se observaron cursos especiales de capacitación y ensayos de paradas, así como capacitación sobre operaciones de reabastecimiento de combustible. La capacitación abarca las lecciones aprendidas durante paradas anteriores, la garantía de calidad, la seguridad industrial, la protección radiológica, la reducción de desechos y el análisis de nuevas tareas.

El método sistemático de capacitar al personal en general observado en algunas centrales contribuye al desarrollo de la cultura de la seguridad.

## El secreto de una buena explotación

Atendiendo a los resultados de estos dos estudios independientes del OIEA, es interesante destacar la estrecha convergencia que existe entre ambos respecto de la identificación de buenas prácticas operacionales en las centrales nucleares. En realidad, se comprobó que las prácticas que mejoran el *rendimiento* de la central son las mismas que garantizan su *seguridad* operacional.

Una de las conclusiones más importantes es que el secreto para lograr los objetivos generales de seguridad, fiabilidad y rendimiento económico de las centrales está en una gestión óptima que sustente la disciplina en la actividades operacionales. □