

Informes nacionales:

Experiencia y planes de Francia

La demostración, factor primordial de un programa polifacético de investigación y desarrollo

por André Crégut

Cuarenta años de actividades nucleares han demostrado que la industria es capaz de diseñar, explotar y mantener instalaciones nucleares de todo tipo. Esta experiencia incluye la ejecución de numerosas tareas en medios hostiles: reparaciones de emergencia, modificaciones, reparaciones generales después de accidentes, y desmantelamiento de algunas instalaciones o su puesta en reserva en condiciones de seguridad.

Junto con los estudios teóricos realizados, estos antecedentes indican que se podrá efectuar en lo adelante clausuras o mantener instalaciones paradas en condiciones de seguridad durante años sin dificultades importantes ni correr riesgos indebidos.

Sin embargo, sin menoscabar la magnitud y el valor de los conocimientos acumulados hasta ahora ni la calidad de los equipos disponibles, deben recalcar algunas cuestiones:

- No parece posible todavía establecer reglas generales para determinar, en un contexto industrial, la táctica que deberá aplicarse en cada tipo de instalación, si bien es posible aprovechar el desmantelamiento de algunas unidades grandes (reactores de potencia y centrales) después de su parada definitiva para evaluar la calidad de los medios, herramientas y equipos disponibles.

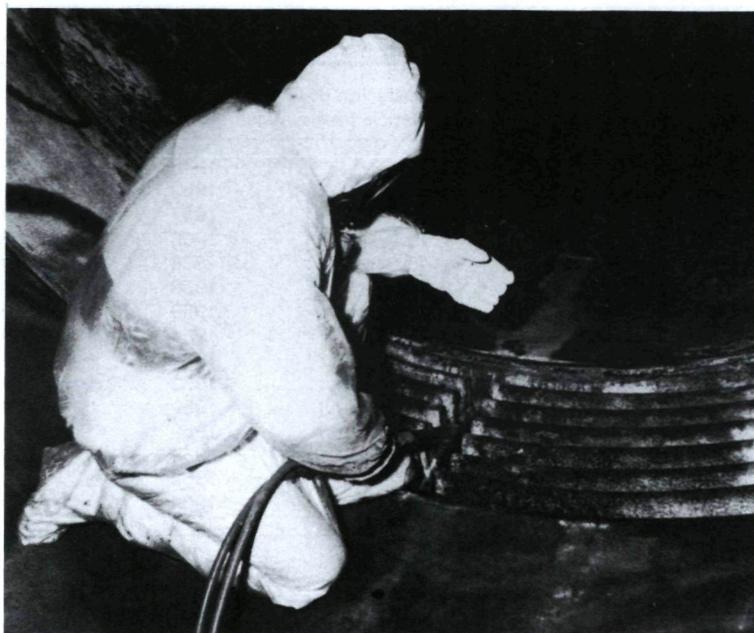
- Las operaciones ya efectuadas muestran que es necesario elaborar y desarrollar técnicas más adecuadas.
- Es preciso establecer una relación entre las directrices en materia de clausura y actividades conexas como, por ejemplo, la robótica y la gestión de desechos.

Medidas que se deben adoptar en el futuro

En pocas palabras, dada la experiencia acumulada, al recapitular sobre los futuros requisitos se identifican algunas medidas necesarias, entre las que figuran las siguientes:

- Efectuar un programa de investigación y desarrollo (I + D) que conduzca a la adopción de algunas técnicas ya existentes o a la elaboración de nuevas técnicas para poder satisfacer los requisitos aplicables en materia de desmantelamiento.
- Comprobar estas técnicas para determinar su esfera de aplicación y confirmar su validez desde el punto de vista de la seguridad, con el propósito de calificarlas en cuanto a su aplicabilidad en las clausuras.
- Modificar o complementar algunos programas que abarcan actividades relacionadas con la clausura (por ejemplo, la robótica y la gestión de desechos).

El Sr. Crégut es jefe de departamento de la Dependencia Central de Clausura de Centrales Nucleares del Instituto de Protección y Seguridad Nucleares del Commissariat à l'énergie atomique (CEA), Marcoule (Francia).



Corte del circuito primario de la central G-1 de Marcoule, cuya parada se efectuó en 1975 y que será clausurada en 1986. (Foto: CEA)

- Preparar actividades futuras (entre otras cosas, el establecimiento de una estructura y de requisitos de financiación adecuados y la gestión de las operaciones de clausura con vistas a determinar, entre otras cosas, las directrices generales y requisitos técnicos concretos).

Actividades desarrolladas en Francia

Como se pone de manifiesto en los cuadros que figuran en este trabajo, en Francia varios reactores e instalaciones se encuentran parados con carácter permanente, clausurados o en proceso de serlo. Cada uno de estos casos se considera como un experimento del que cabe extraer ciertas enseñanzas, en especial las siguientes:

- Adquirir una mayor comprensión de los costos de desmantelamiento y, en consecuencia, mejorar, mediante programas de computación adecuados, las evaluaciones relacionadas con futuros proyectos de clausura.
- Reducir las dosis de irradiación del personal, mediante el perfeccionamiento de la gestión y una mejor programación de las tareas.
- Establecer normas generales para los distintos tipos de instalaciones que sean objeto de clausura —reactores, instalaciones del ciclo del combustible, laboratorios, etc.— y permitir la elaboración de reglamentos adecuados para los diversos tipos de casos.
- Brindar orientación al programa de I + D, adaptándolo a los requisitos científicos de la clausura.

En Francia las decisiones que se han adoptado en relación con la clausura de las instalaciones guardan cierta homogeneidad. En estos momentos se prevé que la clausura de las instalaciones del ciclo del combustible, los laboratorios y los reactores experimentales de piscina se efectúe hasta la Etapa 3. Esta decisión se adoptó en atención a consideraciones económicas (costo de mantenimiento durante la parada) y a factores de seguridad.

En el caso de reactores que no sean de piscina, o en algunas otras instalaciones, la existencia de barreras de contención (circuitos primarios y recintos) permite la

clausura en la Etapa 2. El desmantelamiento total puede posponerse para que se produzca la desintegración radiactiva.

Trabajos de I + D

Las actividades de investigación y desarrollo en Francia se centran en estudios generales y en los siguientes temas concretos:

- Evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares en situación de parada definitiva y durante la clausura
- Explotación y manipulación a distancia; técnicas de robótica
- Herramientas y técnicas de corte de materiales
- Descontaminación y tratamiento de desechos
- Tratamiento y gestión de desechos radiactivos.

Evaluaciones de la seguridad

La estrategia y las tácticas de clausura dependen de la evaluación de los posibles riesgos radiactivos producto de la actividad residual de la instalación nuclear. El programa I + D se centra en esta esfera. Se pretende conocer mejor la naturaleza de los mecanismos de deposición de la contaminación en los circuitos de las instalaciones mientras éstas se encuentran en servicio y la distribución de la radiactividad inducida en las estructuras metálicas y en las de hormigón que protegen a los reactores.

Además, el programa está destinado a desarrollar métodos y equipo para medición in situ y muestreo. Esto supone, por ejemplo, el empleo de equipo de acceso a celdas calientes para localizar e identificar las fuentes de radiaciones y para estimar sus niveles de radiactividad, cosa necesaria para determinar las condiciones en que es menester adoptar medidas y para suministrar información básica para pronosticar el tipo de aplicación de la gestión de desechos.

El envejecimiento a largo plazo de las estructuras que conforman el equipo y las barreras de seguridad es otra

Clausura de reactores en Francia

Nombre de la estación	Tipo de reactor	Generación de potencia (megavatios)	Entrada en funcionamiento	Parada	Clausura	Etapa real/planificada
Zoé	HWR	0	1948	1975	1977	Etapa-2
EL-2	HWR	2,2 (térm.)	1952	1965	1968	Etapa-2
EL-3	HWR	18 (térm.)	1957	1979	1985	Etapa-2
EL-4	HWR	70 (eléct.)	1966	1984	Sin planificar todavía	
G-1	GCR	46 (térm.)	1956	1975	1986	Etapa-2
G-2	GCR	40 (eléct.)	1958	1980	1990	Etapa-2
G-3	GCR	40 (eléct.)	1959	1984	1995	Etapa-2
César	GCR	0	1964	1974	1978	Etapa-3
Peggy	MTR-LW	0	1961	1975	1977	Etapa-3
Pégase	MTR-LW	35 (térm.)	1962	1975	1978	Etapa-3
Néréide	MTR-LW	0,5 (térm.)	1959	1982	1986	Etapa-3
Triton	MTR-LW	6,5 (térm.)	1959	1982	1986	Etapa-3
Minerve	MTR-LW	1 (térm.)	1954	1976	1977	Etapa-3
Chinon-1	GCR	80 (eléct.)	1963	1973	1980	Etapa-1
Chinon-2	GCR	230 (eléct.)	1964	1985	Sin planificar todavía	

HWR: reactor de agua pesada

GCR: reactor refrigerado por gas

MTR-LW: reactor de prueba de materiales, de agua ligera

Fuente: CEA

de las esferas de estudio. Lo que se pretende es evaluar las condiciones de contención de la radiactividad dentro de la instalación parada y determinar los períodos de espera permisibles para el desmantelamiento total.

Otro componente del programa abarca estudios y comprobaciones de la validez (desde el punto de vista de la seguridad) de los métodos de desmantelamiento y descontaminación y del tratamiento de desechos. Incluye, por ejemplo, el empleo en condiciones de seguridad de herramientas de corte como el soplete electrónico.

Por último, en esta esfera, la labor de I + D se orienta al diseño de nuevas instalaciones en las que se tengan en consideración las limitaciones a prever en función de las operaciones de clausura.

La robótica y los sistemas de manipulación a distancia

En esta esfera, la labor de I + D se relaciona con la elaboración, entre otras cosas, de dispositivos destinados a penetrar en las barreras de contención, a manipular a distancia el equipo de corte, a manipular y transportar desechos, etc.

Es menester desarrollar la tecnología de los dispositivos y equipos de manipulación a distancia para que satisfaga los requisitos concretos de las operaciones o procedimientos que deben realizarse de este modo, por ejemplo, en las celdas calientes y en las plantas de reelaboración, o en las vasijas y las piscinas de los reactores.

Un análisis minucioso de las tareas de desmantelamiento indica que de las limitaciones de acceso o capacidad de carga, por ejemplo, se derivan algunas funciones específicas o características. Esto exige un desarrollo especial de algunos elementos de equipo, entre los cuales figuran los siguientes:

- *Dispositivos de transporte y acceso.* Se hace hincapié en diseños que permitan la entrada y salida de herramientas en zonas radiactivas, sin poner en peligro la integridad de las barreras; deberán también "portar" dispositivos modernos de manipulación a distancia.

- *Dispositivos manipuladores.* Tienen como objetivo aumentar las capacidades de izamiento y manipulación (a 75 y 40-50 kilogramos, respectivamente) de los dispositivos de manipulación a distancia (con posibilidad de retroalimentación y la más moderna tecnología) para que sean plenamente compatibles, sobre todo con herramientas potentes de corte. Se mantendrán cualidades tales como la precisión, la solidez y la maniobrabilidad. Otra esfera de interés es su adaptabilidad para trabajos realizados bajo el agua.

- *Dispositivos pesados de manipulación a distancia.* El propósito es aumentar su capacidad (a 500 kilogramos) y ampliar la diversidad de sus componentes de sujeción.

- *Dispositivos compatibles de manipulación a distancia.* Se refiere a la adaptación de los equipos de transmisión (horizontal y vertical) a los medios nucleares, para hacerlos compatibles con los grandes pesos y dimensiones de los componentes desmantelados.

- *Dispositivos para procedimientos de mando remoto.* Su propósito es mejorar los dispositivos de movimiento por mando remoto a fin de poderlos introducir en zonas radiactivas para que ejecuten operaciones sencillas (muestreo, mediciones complementarias, procedimientos de descontaminación). Las mejoras deberán simplificar su maniobrabilidad para que puedan emplearse en zonas de difícil acceso. Las piezas internas de los dispositivos deben también estar protegidas de la contaminación.

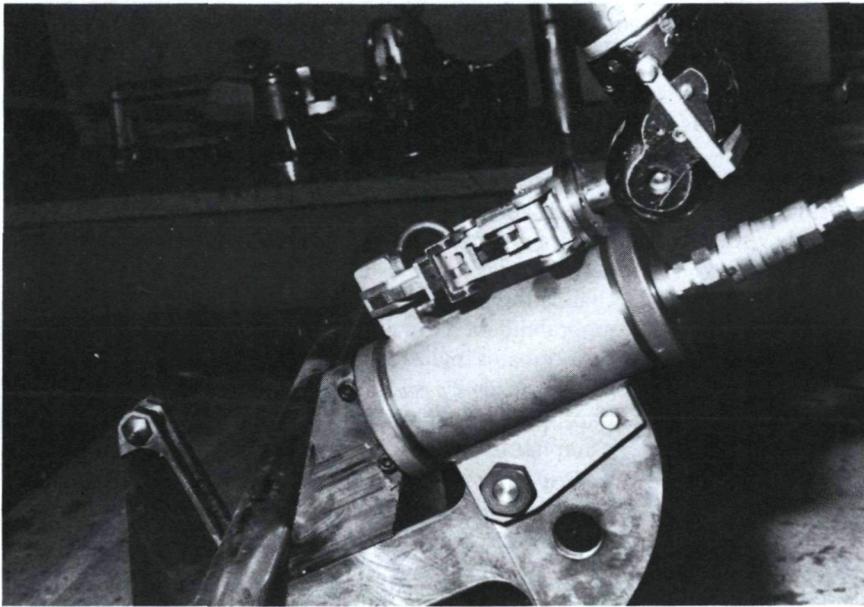
- *Teleinformación.* Entraña la elaboración de equipo para la recepción e interpretación de información por medios eléctricos, acústicos u ópticos que se adapte a las condiciones existentes cuando se empleen herramientas de desmantelamiento en un medio radiactivo y contaminado.

- *Tecnología de las conexiones.* Este aspecto se centra en las conexiones de transmisión (adaptadas para operaciones a distancia) que sean flexibles, fiables, sólidas y puedan desconectarse por mando remoto. Entre los requisitos que deberán satisfacerse figuran la transferencia de energía por medios neumáticos, hidráulicos y eléctricos y la transmisión de datos por

Clausura de instalaciones y laboratorios en Francia

Nombre de la estación	Tipo de instalación	Puesta en funcionamiento	Parada definitiva	Clausura	Etapas real/planificadas
Le Bouchet	Tratamiento del mineral		1970	1982	Etapas-3
Attila	Central piloto de reelaboración	1966	1975	1985	Etapas-3
Piver	Central piloto de vitrificación	1969	1982	1987	Etapas-3
Gulliver	Central piloto de vitrificación	1965	1967		Etapas-3
Elan-II-A	Piloto para Elan-II-B	1968	1970	1984	Etapas-3
Elan-II-B	Fabricación de fuentes de cesio 137	1970	1973	1988	Etapas-3
AT-1	Reelaboración de combustible de reactores reproductores rápidos	1969	1979	1990	Etapas-3
Gueugnon	Tratamiento del mineral		1980	1981	Etapas-3
Hot cells	Radionucleidos para fines médicos y para otros fines			1983	Etapas-3
Bâtiment-19	Metalurgia del plutonio		1984	1988	Etapas-3
Bâtiment-18	Metalurgia del plutonio		Parada progresiva desde 1982		

Fuente: CEA



Esta cizalla hidráulica para el corte de tubos se acciona con un manipulador a distancia. (Foto: CEA)

medios eléctricos, ópticos o acústicos por el aire y bajo el agua.

- *Estación para ensayos de validación.* El propósito que se persigue en este caso es simular las condiciones de explotación en un medio hostil en una celda y bajo el agua.

Técnicas y herramientas de corte

En esta esfera, el trabajo exige la elaboración de técnicas de mando a distancia para el corte de estructuras metálicas o de hormigón por medios mecánicos, térmicos, electrotérmicos o pirotécnicos. También se incluye la elaboración de equipos afines para supervisar el corte.

Descontaminación y tratamiento de desechos

La gran cantidad de desechos contaminados producto de las actividades de clausura justifica el perfeccionamiento de los métodos de descontaminación en algunos sentidos. Entre ellos se incluye la eficiencia (que permite el reciclaje de los materiales y la reducción del volumen de desechos radiactivos para su almacenamiento); las operaciones in situ (que evita el envío de componentes pesados y voluminosos a talleres especiales) y la manipulación de efluentes (que reduce el volumen de efluentes de los procesos de descontaminación).

El programa francés de I + D comprende el perfeccionamiento de la información básica sobre la naturaleza de la contaminación y sus mecanismos; el estudio de métodos químicos, electroquímicos y físicos de descontaminación y su aplicación in situ; el estudio del tratamiento de los efluentes y la construcción de estaciones móviles, así como la realización de pruebas a escala natural para comprobar la validez de los procesos.

Gestión y tratamiento de desechos

La gestión de los desechos procedentes de una central que se clausura no es, en esencia, diferente de la gestión de los desechos de explotación. No obstante, es necesario adaptar los procedimientos a algunas necesidades especiales.

Una de ellas es la gran cantidad de desechos de actividad baja e intermedia que es menester almacenar y

los materiales de baja actividad que deberán reciclarse o colocarse en vertederos públicos. Otra es la búsqueda de un lugar de almacenamiento definitivo (a fin de evitar el realizar otra clausura, por ejemplo, la clausura de las instalaciones de almacenamiento de los desechos).

Este proceso supone estimar minuciosamente la cantidad y naturaleza de los desechos procedentes de la clausura; los límites aceptables de los desechos colocados en vertederos públicos; los límites aceptables de radiactividad para el almacenamiento definitivo (teniendo en cuenta la naturaleza de los radionucleidos y las características intrínsecas del método de tratamiento de desechos y de la instalación de almacenamiento); las posibles soluciones relativas a la futura manipulación de estos desechos; y los procedimientos que se deben seguir para obtener la autorización de las autoridades competentes.

Desde el punto de vista técnico, convendría que las actividades de I + D se centraran en algunos aspectos relativos a la satisfacción de los requisitos de la clausura. Entre ellos cabe mencionar la elaboración de procedimientos de medición de la actividad que se adopten a la vigilancia de los desechos (tanto a priori, para hacer el pronóstico de cómo llevar a cabo dicha gestión, como a posteriori, para controlarla) y la concepción de técnicas para reducir el volumen de desechos y para su tratamiento, así como el diseño de contenedores de gran tamaño e instalaciones de almacenamiento especiales.

Estudios generales sobre el terreno

El programa general de estudio de las actividades francesas de I + D abarca tres aspectos:

- La elaboración de una metodología para evaluar los costos de clausura y la formulación de códigos de computación que tomen en cuenta la experiencia acumulada
- El análisis de las operaciones físicas desde el punto de vista de la seguridad a fin de optimizar el proceso de clausura
- La compilación (en forma de códigos, directrices o recomendaciones técnicas) de datos que lleven a la elaboración de normas generales de clausura.