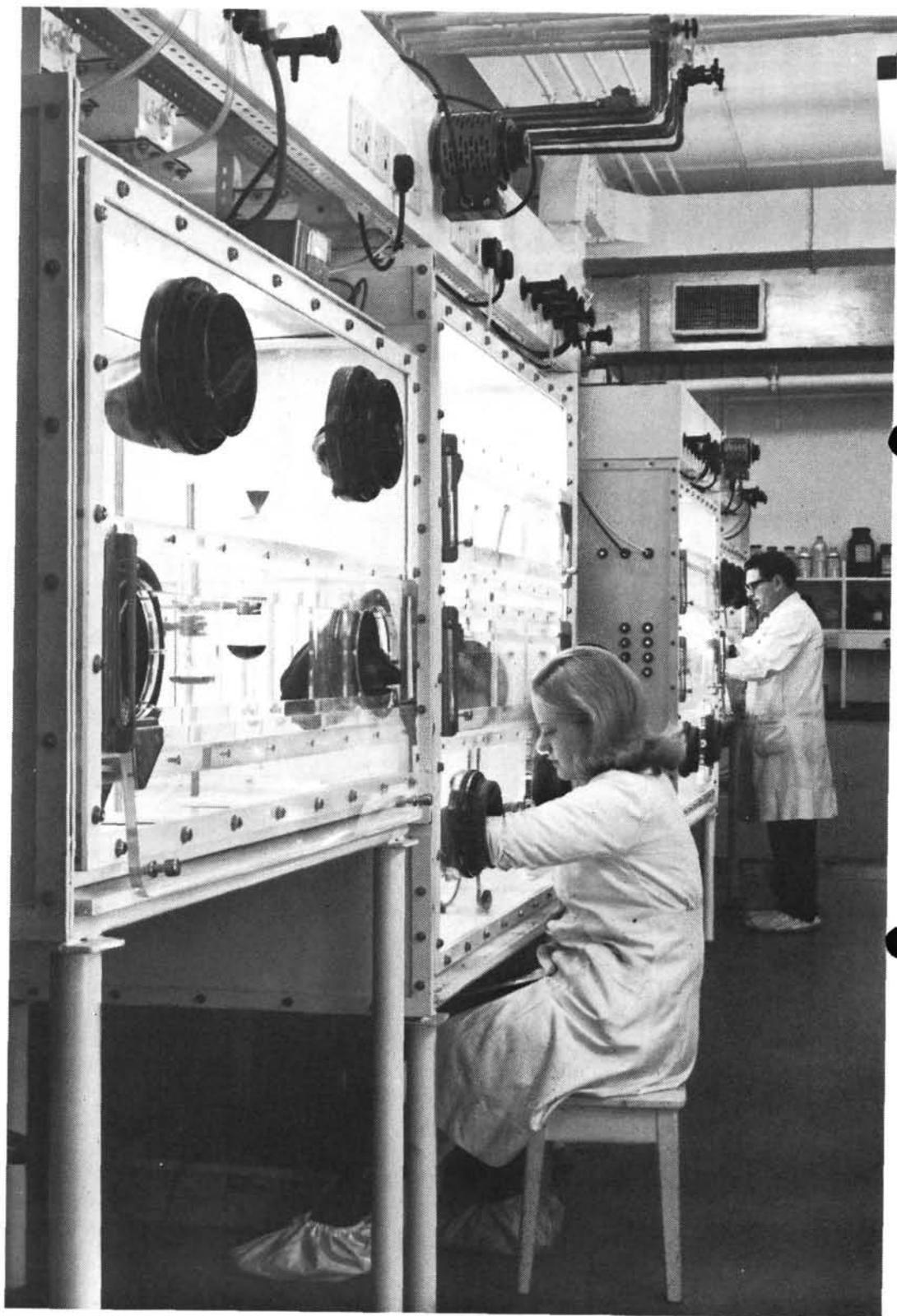


normas de seguridad: los principios y la práctica

Los autores del presente artículo son H.J. Dunster, de la Junta Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido (Harwell), y A. Preston, del Laboratorio de Radiobiología Pesquera (Lowestoft, Suffolk), del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido. En él se examinan los principios de seguridad seguidos en el Reino Unido para la descarga de sustancias radiactivas en el medio ambiente, y la experiencia adquirida en los últimos 25 años.

El desarrollo de la electricidad nuclear y de los residuos a que da lugar ha hecho inevitable la descarga de ciertos materiales radiactivos en el medio ambiente humano. Como los peligros de la radiactividad se conocían bien muchos años antes de iniciarse este desarrollo, las autoridades nacionales han sometido a control muy riguroso las cantidades descargadas y los métodos de descarga. Sin embargo, es todavía objeto de vivas controversias la cuestión de cómo aplicar, para controlar estas descargas, las normas básicas de protección radiológica. Aunque los métodos utilizados en el Reino Unido no son sino una de las muchas soluciones posibles, merece la pena resumirlos porque han demostrado su sencillez y comodidad de aplicación, y permitido controlar satisfactoriamente un importante programa de energía nuclear-eléctrica.

El Reino Unido cuenta con 25 años de experiencia en la utilización de la energía nuclear, que viene aprovechando durante más de la mitad de ese tiempo para producir electricidad. En todo este período se ha prestado gran atención a la gestión de los desechos radiactivos; la experiencia adquirida en el primer decenio ha servido de base para establecer la línea de conducta del Gobierno y la legislación correspondiente. Esta línea de conducta [1], dada a la publicidad hace unos 12 años, se inspira en dos principios básicos. El primero es velar por que, independientemente de los costos, la exposición de los individuos de la población se ajustase a los límites recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica [2], y por que la dosis genética resultante de la evacuación de desechos no rebasase el límite de un rem por persona en 30 años. El segundo principio es hacer todo lo razonablemente factible, tomando en consideración los costos, para reducir estas dosis muy por debajo de esos valores.



Limitación de las dosis

Los límites fijados por la CIPR para las dosis admisibles en los individuos de la población se basan en las recomendaciones de dicha comisión referentes a las dosis máximas admisibles en los trabajadores. A su vez, éstas se han establecido, en parte, como resultado de un proceso histórico de modificación de recomendaciones anteriores y, en parte, por comparación directa con el volumen hoy considerable de datos sobre los efectos que tienen en el ser humano las dosis elevadas recibidas en períodos cortos. El proceso de determinar por extrapolación, a partir de esos datos sobre dosis elevadas, los límites recomendables para la exposición de individuos de la población es una operación muy delicada; actualmente, se suele admitir el supuesto prudencial de que el riesgo de efectos nocivos es directamente proporcional a la dosis en todo el intervalo de extrapolación, y de que es independiente del tiempo en que se reciba la dosis o, en otras palabras, de la repartición de ésta a lo largo de muchos decenios. Desde el punto de vista biológico, hay buenas razones para creer que al aceptar estos supuestos se sobreestiman grandemente los riesgos, dada la escasa magnitud de las dosis que intervienen en el control de los desechos radiactivos. La mencionada comisión dice de estos supuestos [3] que a menudo «basta para establecer lo que se considera un límite superior de riesgo en función del cual pueden juzgarse las ventajas o inconvenientes de otros métodos sustitutos que no entrañen la exposición a las radiaciones». Sin embargo, añade que «al elegir entre los distintos métodos, las estimaciones del riesgo de irradiación deben tomarse con gran precaución y en la inteligencia de que posiblemente el riesgo real, para las dosis bajas, sea mucho menor que el que se deduce de supuestos marcadamente prudentiales».

Estas opiniones han recibido aceptación mundial casi unánime. Sin embargo, algunos investigadores sostienen que se impone una interpretación todavía más pesimista de los hechos y afirman, en consecuencia, que deben reducirse los límites de las dosis. El análisis detallado de estas tesis no prueba que estén bien fundadas; no obstante, sería un error despreciarlas. Esto pone de relieve la importancia de otra recomendación de la CIPR en el sentido de que todas las exposiciones deben reducirse al mínimo que razonablemente pueda conseguirse, cuenta habida de los aspectos sociales y económicos. Esta recomendación es muy parecida al segundo principio seguido en Gran Bretaña en el control de desechos radiactivos: hacer lo que sea razonablemente factible para reducir las dosis muy por debajo de los límites recomendados.

Gestión de los desechos

La aplicación práctica de los principios de la gestión de desechos en la Gran Bretaña requiere dos medidas distintas. La primera, de índole científica, tiene por finalidad prever las dosis de irradiación que podría originar toda evacuación en perspectiva de desechos en el medio ambiente. La segunda consiste en una serie de discusiones para decidir en qué medida las evacuaciones pueden reducirse por métodos que en verdad sean «razonablemente factibles». Una vez tomados ambos tipos de medidas, es posible fijar los límites a los que legalmente debe ajustarse la evacuación de que se trate.

Desde finales de los años cuarenta, los estudios científicos se vienen basando en el método, bien conocido hoy día, de la vía crítica; la experiencia adquirida permite juzgar por procedimientos muy sencillos incluso las evacuaciones de gran envergadura. Casi siempre, sea cual fuere el medio considerado, puede establecerse un modelo simplificado que describa los mecanismos de dispersión, y los datos disponibles son suficientes para incorporar en ese modelo los efectos de los procesos de reconcentración. Los resultados son francamente satisfactorios a los efectos de la planificación y, de ser necesario, pueden precisarse mediante estudios comple-

Preparación de productos radioquímicos en Amersham (Reino Unido): se limita rigurosamente la exposición del personal a las radiaciones. Foto: UKAEA



Una de las fases de la construcción de un conducto para la evacuación de efluentes del centro de la UKAEA en Winfrith Heath. Foto: UKAEA

mentarios antes de las descargas iniciales y durante las mismas. En los casos más corrientes, en los que sólo se descargan pequeñas cantidades de radiactividad en forma de desechos, estos métodos demuestran que las dosis resultantes para el hombre son literalmente insignificantes. Sin embargo, incluso en esos casos, se aplica el segundo principio, no autorizándose la evacuación si es razonablemente factible prescindir de ella o reducirla. Para juzgar qué es lo razonable en un caso dado, los inspectores del Gobierno consideran la viabilidad económica y técnica de una reducción así como la magnitud probable de las dosis y de la reducción posible, en relación con los límites de dosis recomendados por la CIPR.

Se ha sugerido a veces la conveniencia de cuantificar estos principios cualitativos. Sin embargo, una de sus ventajas es que permiten adoptar las disposiciones legales a una gran variedad de situaciones. En la legislación británica en materia de seguridad aparecen con frecuencia frases como «razonablemente factible» y las «medidas más adecuadas factibles», y tratar de darles un valor cuantitativo sería en general contraproducente.

La etapa final es la autorización oficial, sin la cual está prohibido evacuar desechos radiactivos. En Inglaterra los órganos oficiales facultados para conceder estas licencias son el Departamento del Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Las relaciones entre las recomendaciones básicas de la CIPR y los límites fijados por las leyes para las descargas son complejas, y a veces hay cierta confusión de terminología, en particular con respecto al empleo del término «norma radiológica». En el presente artículo, por norma radiológica se entiende una combinación de los límites numéricos de dosis, recomendados por la CIPR, y los principios cualitativos, recomendados también por la CIPR, para garantizar que las dosis reales recibidas sean netamente inferiores a estos límites numéricos. Los límites legales de las descargas deducidos de esos principios no deben, en rigor, llamarse normas radiológicas. En otros casos, se han aplicado los mismos principios generales para determinar las dosis mínimas conseguibles en un trabajo determinado, dosis que luego se han llamado normas radiológicas. Ambos significados de la palabra «norma» pueden distinguirse a menudo por el contexto, pero es obvia la posibilidad de confusión.



Ensayos de pesca con mosca artificial en el lago contiguo a la central nuclear de Trawsfynydd (Reino Unido).
Foto: Central Electricity Generating Board

Situación actual

En el Reino Unido, la exposición de la población a las radiaciones por causa de los desechos se debe sobre todo, como es natural, a las grandes plantas nucleares y, a este respecto, los desechos más importantes son los líquidos. En comparación, los desechos sólidos y gaseosos son despreciables. Como la mayoría de los emplazamientos nucleares en la Gran Bretaña están situados en la costa, sus desechos líquidos se vierten en aguas costeras o de estuarios. Sólo una central nuclear descarga sus residuos en las aguas dulces. Los centros de investigación de Harwell y Aldermaston y la fábrica de isótopos de Amersham vierten algunos desechos radiactivos en el Támesis.

Mitchell [4] ha estudiado brevemente las dosis individuales de irradiación recibidas como resultado de estas evacuaciones en 1970. En el caso de las centrales costeras y de estuarios, dichas dosis suelen ser inferiores al 0,1% de los límites recomendados para los individuos de la población por la CIPR. En cuanto a la central que vierte sus desechos en aguas interiores, la cifra es aproximadamente 3%. Sólo en el caso de la planta de reelaboración de combustible de Windscale esa cifra sube a 10%. Todos estos valores se refieren a los grupos más expuestos o críticos, y, en términos generales, el número de personas que comprenden es muy reducido. En total, la dosis que recibe la población debido a la evacuación de desechos en el Reino Unido es sumamente pequeña, como máximo de unos centenares de rems/hombre por año, mientras que la dosis anual total causada por la radiactividad de fondo es de 5 millones de rems/hombre por año. De hecho, cabe señalar que la dosis más importante que recibe la población a causa de las actividades nucleares se debe a la exposición profesional, que es del orden de varios miles de rems/hombre por año como resultado del programa de energía nucleoelectrónica del Reino Unido.

El futuro

La situación actual es altamente satisfactoria, pero es importante examinar si lo seguirá siendo cuando la producción de energía nucleoelectrónica en la Gran Bretaña se multiplique por

10, o tal vez por 30, en los próximos decenios [5]. No debería haber ninguna dificultad en limitar las dosis procedentes de los desechos de las centrales nucleares; los grupos críticos son pequeños, e incluso los efectos combinados de centrales nucleares próximas entre sí serán meramente secundarios en lo que respecta a las dosis. La construcción de estas centrales en el interior quizá origine un cierto aumento de las dosis individuales así como de la magnitud de los grupos expuestos. Sin embargo, la dosis genética total será muy inferior a la cifra fijada por las autoridades. Se espera que las plantas ahora dedicadas al ciclo del combustible nuclear, es decir, a la fabricación y reelaboración del mismo, podrán hacer frente al creciente volumen de materiales en los próximos años. La experiencia adquirida demuestra que la eficacia de la gestión de desechos en estas plantas ha aumentado progresivamente a lo largo de los años, de manera que las descargas de residuos radiactivos en el ambiente no han aumentado proporcionalmente. Se espera que esta situación se mantenga en los próximos decenios para todos los núclidos, excepto para el tritio y el criptón-85. El tritio y el criptón-85 residuales aumentan aproximadamente en la misma proporción que el programa de electricidad nuclear, y ambos son difíciles de eliminar. La mayor parte del tritio se encuentra en los desechos líquidos y, por tanto, se descarga en el mar. Este es con mucho el método más indicado para el tritio, dada la elevada dilución isotópica y las escasas posibilidades de que el agua de una zona marina determinada llegue hasta el hombre. Durante los dos decenios próximos, las descargas de tritio en el mar por la planta de reelaboración británica llegarán a ser de un megacurie por año aproximadamente, es decir, alrededor de 1/10 000 de la capacidad del medio local para recibir tritio sin exposición del hombre a dosis inaceptables. Está claro también que estas cantidades de tritio no provocarán ningún cambio ecológico.

El criptón-85 se presenta en los desechos gaseosos resultantes de las primeras etapas de la reelaboración química. Origina una cierta irradiación beta en la piel de las personas en las proximidades de la planta, y una irradiación gamma mucho más baja en todo el cuerpo y las gónadas. En un estudio sobre el problema del criptón [6] se llega a la conclusión de que a fines del siglo actual estas dosis de irradiación no constituirán todavía ningún riesgo apreciable, ni en las cercanías de la planta de reelaboración ni en la población total del Reino Unido considerada en su conjunto, y de que tampoco constituirá un riesgo la producción de criptón como resultado de los programas de energía nucleoelectrónica en todo el mundo. De todas formas, en el estudio se dice que sería prudente prever lo necesario para dotar de equipo de separación del criptón a las plantas que se construyan después de 1990.

Desechos formados por los principales productos de fisión

Aunque los desechos formados por los principales productos de fisión no se descargan en el medio ambiente, son objeto de considerable publicidad. En el Reino Unido, hoy día se almacenan en tanques de acero inoxidable muy resistentes situados en cámaras de hormigón. En 1971, la actividad total contenida en esos tanques era de unos 250 megacuries, con un volumen de cerca de 500 m³ [5]. El sistema actual, que funciona desde hace unos 15 años, se considera satisfactorio y seguro. Se dispone de tanques de repuesto para caso de averías imprevistas, aunque hasta ahora no se ha producido ninguna, y se ha establecido un plan adecuado de sustitución de los mismos. Este plan, así como los servicios de conservación que implica, sobre todo en el campo de la ingeniería química, tendrá que proseguir durante varios siglos. Esta es una de las razones que hacen pensar que el almacenamiento de líquidos habrá de reemplazarse probablemente por procesos de solidificación, con lo que la vigilancia continua será menos esencial y disminuirá la carga que supone la sustitución de los tanques. Si se tienen en cuenta los aspectos de seguridad del proceso de solidificación, y la necesidad además de seguir almacenando los desechos líquidos durante un período inicial, el almacenamiento a largo plazo en forma sólida no presenta ninguna ventaja decisiva desde el punto de vista de la

seguridad. Sin embargo, es posible que sea más fácil convencer al público de la eficacia de las medidas de seguridad si los productos de fisión se presentan en forma de sólidos y no de líquidos.

Flexibilidad con vistas a la expansión

La política seguida en el Reino Unido para controlar la descarga de materiales radiactivos en el medio ambiente ha demostrado ser de aplicación sencilla y muy eficaz. Por su flexibilidad permite hacer frente a la futura expansión de la energía nucleoelectrónica, por lo menos en los próximos decenios. El que conserve su eficacia durante todo este período dependerá de que el público conozca bien los principios fundamentales y de que se mantenga el elevado nivel de competencia profesional de los encargados de ejecutar esa política. Si ello es así, dicha política puede servir de útil guía en lo que respecta a la descarga de otros materiales tóxicos en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] The Disposal of Radioactive Wastes, Cmnd. 884, HM Stationery Office, Londres (1959).
- [2] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (aprobadas el 17 de septiembre de 1965), Publicación 9 de la CIPR, Pergamon Press, Oxford (1966).
- [3] The 1971 Meeting of ICRP (Use of Risk Estimates), Health Physics, 21, 615 (1971).
- [4] MITCHELL, N. T., Radioactivity in Surface and Coastal Waters of the British Isles 1970, MAFF Fisheries Radiobiological Laboratory, Lowestoft, Technical Report FRL 8 (1971).
- [5] PRESTON, A., BIRSE, E. A. B., MITCHELL, N. T., DUNSTER, H. J., WOODMAN, F. J., y CLELLAND, D. W., UK Experience of Radioactive Waste Release to the Environmental and Expected Waste Management in Fuel Cycles in the 1980s (La experiencia del Reino Unido en la eliminación de residuos radiactivos en el medio ambiente y gestión de los residuos previsibles en los ciclos del combustible en la década de 1980), A/CONF.49/P/512, Ginebra (1971).
- [6] DUNSTER, H. J., y WARNER, B. F., The Disposal of Noble Gas Fission Products from the Reprocessing of Nuclear Fuel, Informe de la UKAEA AHSB(RP)R 101 HM Stationery Office, Londres (1970).