

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN ESPAÑA

R. MANSO

Enresa desarrolla una doble labor en su misión de gestión de los residuos radiactivos que se generan en España. Por un lado, utiliza las más avanzadas tecnologías para tratar todos los residuos producidos, desde los estériles de minería hasta el combustible irradiado. El objeto es proteger a las personas y al medio ambiente.

Por otra parte, mejorar la gestión que realiza, a la vez que dar soluciones a los problemas presentes o de futuro. Para ello lleva a cabo proyectos de I+D y de inversión, como la reducción de volumen en los residuos de operación de las CC.NN., el aumento de capacidad de las piscinas de las centrales, o el diseño y licenciamiento de contenedores metálicos para almacenamiento en seco del combustible gastado.

INTRODUCCIÓN

ENRESA fue creada con la misión de realizar una gestión eficaz de los residuos radiactivos producidos en la generación de energía eléctrica y en las aplicaciones de isótopos en medicina, industria y en investigación. Para llevar a cabo este cometido, se dispone de la tecnología adecuada y de los desarrollos industriales rigurosos, para evitar daños a las personas y al medio ambiente. Los sistemas empleados se basan en aislar a los residuos de su entorno durante el periodo de tiempo necesario. Las barreras múltiples utilizadas impiden su dispersión y que las radiaciones lleguen a los seres vivos.

Los riesgos esenciales de las radiaciones ionizantes son la irradiación directa y la contaminación. La lucha contra estos peligros se lleva a cabo, en el caso de la irradiación, aparte de disminuyendo el tiempo de permanencia ante los emisores y evitando la proximidad a los mismos, interponiendo entre la fuente y el individuo los materiales adecuados. La protección contra la contaminación se logra mediante la inmovilización y aislamiento de las fuentes, esto es, mediante el sellado. En definitiva, el tratamiento de los residuos radiactivos se basa en la construcción de las barreras adecuadas, para el tipo y cantidad de la radiación que se está considerando, así como de la duración conveniente para el periodo de latencia de la actividad.

Se define como residuo radiactivo, según la disposición adicional cuarta de la Ley 54/1997 de 27 de noviembre, a cualquier material o producto de desecho, para el cual no está pre-

visto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

La clasificación de los residuos radiactivos se puede realizar atendiendo a diferentes criterios, estado físico, actividad, etc., pero de cara a su almacenamiento definitivo, que es la responsabilidad de ENRESA, ésta es:

- Residuos Radiactivos de Baja y Media

Actividad, que tienen baja actividad específica por radionucleido, no generan calor, contienen nucleidos emisores beta-gamma con periodos de semidesintegración inferiores a 30 años, y su contenido en emisores alfa debe ser inferior a 0'37 GBq/t.

• Residuos Radiactivos de Alta Actividad, contienen emisores de vida corta con una actividad específica elevada, así como emisores alfa de vida larga en concentraciones por encima de 0'37 GBq/t. y generalmente desprenden calor.

A lo largo del ciclo del combustible nuclear se producen residuos radiactivos, sus características radiológicas, su forma y estado físico, así como su pertenencia a uno u otro de los grupos en que se han clasificado, dependerá de la etapa del mismo donde se han producido. En el caso español el ciclo que se ha de considerar es el de los reactores de agua ligera (LWR), pues son de este tipo los nueve que actualmente están en operación, siendo las etapas del mismo que se ejecutan en nuestro país, la minería, fabricación de concentrados, fabricación de elementos combustibles, reactores nucleares, gestión de residuos radiactivos de baja y media actividad y gestión de residuos de alta actividad.

MINERÍA Y FABRICACIÓN DE CONCENTRADOS DE URANIO

Los residuos que se generan en estas etapas, desde el punto de vista radiológico, son similares. Contienen, fundamentalmente, uranio y torio natural, así como los productos de sus cadenas de desintegración, entre los que se ha de destacar el Rn-222, que es un

Fábrica de uranio de Andújar antes y después de su restauración.





Centro de Almacenamiento de residuos de baja y media actividad, El Cabril

gas radiactivo, químicamente inerte, el cual da lugar a algunos descendientes, de vida corta, que pueden ser peligrosos para la salud si se inhalan. Su estado físico es el que corresponde a los estériles de mina- rocas fracturadas en distintos tamaños y escaso contenido en uranio- y lodos procedentes de las plantas de concentración, que se han producido al triturar y lixiviar el mineral, estando depositados en los denominados diques de estériles o de lodos.

Estos residuos no son considerados por la ley como radiactivos catalogables en la clasificación anteriormente realizada, sino como mineros. No obstante, al haber sido generados por manipulación de la roca, se ha favorecido la posibilidad de que los agentes meteorológicos disuelvan los minerales radiactivos que aún contienen, llevándolos a las aguas superficiales o subterráneas, a la vez que el Rn-222 se libere de los sólidos y se difunda en la atmósfera. Con el fin de evitar que se produzcan estos problemas, los residuos son acondicionados, generalmente en el mismo lugar donde fueron depositados inicialmente. El tratamiento consiste en recubrir los residuos con secuencias de capas, de distintos espesores, de arcillas impermeables, y gravas y arenas por las que puedan drenar las aguas.

Las actuaciones de ENRESA, en este apartado, se concretan en la clausura de la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) y en la restauración de 19 antiguas minas de uranio en Andalucía y Extremadura

(proyecto aún no concluido, aunque muy avanzado). En ambos casos el objeto final es la restauración de las zonas afectadas, así como su integración paisajística en el entorno.

Para la aprobación y posterior ejecución de las actuaciones, se realizó el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, que en el caso de la FUA fue aprobado por el Ministerio de Obras Públicas mediante la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental, mientras que para las minas antiguas fue aprobado por el Ministerio de Industria, previo informe favorable, como es preceptivo en todos los casos, del CSN.

- *La fábrica de uranio de Andújar*, que estuvo en funcionamiento desde 1959 a 1981, tenía como misión producir concentra-

do de uranio, mediante lixiviación dinámica, a partir de minerales de baja ley procedentes de pequeñas minas de sus proximidades. Durante este periodo de actividad se generaron 1.200.000 toneladas de estériles, que fueron depositados en un dique sobre la superficie (con una gran pendiente de sus taludes, 40%). A estos residuos de operación había que añadir, a la hora de la clausura, las instalaciones fabriles y el resto de edificios y construcciones auxiliares.

Durante la operación de clausura se descontaminaron y trocearon los equipos e instalaciones, lo que dio lugar a un volumen de 1.400 m³ de residuos, que previo hormigonado en jaulas de 3'5 m³ fueron depositados en el interior del dique de estériles. Los edificios fueron derribados y troceados, produciendo unos 22.000 m³ de estériles, que fueron depositados también en el interior del dique. Posteriormente, el dique fue remodelado mediante la recolocación de los estériles en una mayor superficie, con el fin de conseguir una menor pendiente (20%) en los taludes, y por ende más estabilidad. Finalmente se procedió a cubrir el dique con una serie de capas de arcillas (impermeables) y de gravas (filtrantes), todo ello con el objeto de impedir la dispersión de materiales contaminados, así como la penetración del agua de lluvia, a la vez que la emanación del gas radón. La última de estas capas es de tierra vegetal para arraigado de vegetación. Para verificar que se cumplen los objeti-

vos perseguidos, una vez finalizada la obra (1993), se estableció un plan de vigilancia y mantenimiento por un periodo mínimo de 10 años.

- *En la restauración de antiguas minas de uranio*, ENRESA, ante la ausencia de normativa específica, fijó los criterios a partir de los cuales debía intervenir. Desde el punto de vista radiológico, se estableció que se actuaría en aquellos emplazamientos en que la radiactividad superara el fondo natural en España, como mínimo, entre un 1 y un 5%. El 5% es el valor de referencia del CSN, a aplicar en la gestión de los estériles de la fabricación del concentrado de uranio, pero sin descartar la intervención por debajo de este valor, razón por la que se llega al 1%, pues por debajo de esta cifra la actuación parecería injustificada en el marco internacional. Adicionalmente se estableció, para aquellas zonas que una vez restauradas pudieran ser empleadas para establecer viviendas permanentes, un criterio que garantizase a los posibles futuros habitantes que recibirían, en el caso más desfavorable, las dosis máximas establecidas por la legislación para personas no profesionalmente expuestas. Desde el punto de vista no radiológico, la intervención se justifica cuando hay peligro de accidente para las personas o animales, y cuando la calidad de las aguas, que las labores mineras han puesto al alcance de las personas, no se ajustan a la normativa vigente.

Con estos criterios, ENRESA actúa en 5 minas por motivos radiológicos (3 riesgo existente y 2 riesgo futuro) y en 14 por razones de seguridad no radiológica. Las actividades que se llevan a cabo en la restauración se pueden concretar de manera general, pues cada caso tiene sus peculiaridades, en las siguientes:

- Confinamiento de los materiales, procedentes de escombros y suelos, dentro de pozos de mina, zanjas y huecos de explotación.
- Cierre y sellado, con losas de hormigón, de pozos de mina y sondeos.
- Remodelado y estabilización de escombros, a la vez que acondicionamiento de las mismas mediante su impermeabilización con capas de arcilla y grava.
- Restauración del terreno alterado por la explotación, eliminando huecos y revegetando la zona, de forma que quede integrada en su entorno natural.
- Demolición de las fundaciones y edificios existentes.
- Tratamiento de las aguas acumuladas en los huecos mineros.
- Verificación radiológica y medioambiental del emplazamiento restaurado.

Las obras se diseñan y ejecutan de manera que no es necesario mantenimiento y control posterior.

FABRICACIÓN DEL COMBUSTIBLE

En España únicamente se lleva a cabo en las instalaciones que ENUSA posee en Juzbado (Salamanca). Los elementos autorizados a producir, en la misma, son para reactores de agua ligera (PWR y BWR), a partir de polvo de óxido de uranio enriquecido, hasta un 5% en peso, en el isótopo 235 U.

Durante el proceso de fabricación se producen residuos radiactivos sólidos, como consecuencia, fundamentalmente, de la contaminación de ciertos materiales (ropas, plásticos, envases, etc.) al estar en contacto con el polvo de uranio. Estos materiales, por el coste o la imposibilidad de su descontaminación, son considerados residuos radiactivos, lo que lleva a proceder a clasificarlos, acondicionarlos, embidonarlos y almacenarlos temporalmente en la fábrica, a la espera de que se decida dónde y cómo se almacenarán definitivamente.

El contaminante, el uranio, es un emisor alfa de baja actividad específica, la cual se ve considerablemente disminuida al estar mezclado el material radiactivo con material no radiactivo. El volumen generado de estos residuos es de unos 50 m³ al año, con una actividad media de 0'23 ..ci/g.

REACTOR NUCLEAR

En esta fase del ciclo, en la que se produce la reacción de fisión, se generan dos tipos de residuos radiactivos, los de operación y el combustible gastado.

- *Los residuos de operación de las CC.NN.* Tienen su origen en la radiactividad que aparece en el refrigerante del reactor, desde el cual se contaminan los distintos sistemas y elementos destinados a su eliminación, lo que da lugar a los referidos residuos. La radiactividad

del refrigerante se debe a procesos de contaminación y de activación. La primera, aparece fruto de la sufrida por las varillas durante el proceso de fabricación del elemento combustible, así como por los productos de fisión, que como consecuencia de la existencia de vainas deterioradas permiten el escape de éstos, los cuales previamente se han difundido en la masa del combustible. La activación se debe a reacciones neutrónicas del propio refrigerante, de las impurezas que contiene, así como de productos de corrosión de elementos metálicos.

El refrigerante sale de su confinamiento por distintos caminos, lo que da lugar a los diferentes tipos de residuos y al estado físico de los mismos (líquidos, gases, sólidos). Estas vías, o fuentes de contaminación, son los sistemas de purificación del agua de refrigeración del reactor y el condensado del vapor de accionamiento de las tuberías, las fugas de vapor, los eyectores de aire, las estaciones de muestreo, los residuos de lavandería, los residuos de descontaminación y los drenajes de equipos y suelos. Los residuos radiactivos que se originan, son los elementos y sistemas empleados en la purificación de los flujos señalados (resinas, carbón activo, filtros, agua, etc.), siendo todos ellos de baja y media actividad. El destino final de éstos, como de todos los residuos de baja y media actividad que se producen en España, son las instalaciones de almacenamiento de El Cabril propiedad de ENRESA, situadas en Hornachuelos (Córdoba).

Allí se dispone de 28 celdas, en dos plataformas, para el almacenamiento de los referidos residuos. En estos momentos hay llenas y selladas 7 celdas, estando la número 8 próxima a ser clausurada, con un volumen total de residuos almacenados del orden de 18.028 metros cúbicos, distribuidos en 2.550 contenedores

res con un total de 55.175 bultos.

Las instalaciones de El Cabril, para el desarrollo de sus actividades industriales, han sido dotadas de las máximas medidas de seguridad y control frente a cualquier impacto en su entorno, asegurando de esta forma la protección del medio ambiente. Los programas que aseguran el cumplimiento de lo establecido, en materia radiológica y ambiental, son los denominados PVRA (Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental) y PVA (Programa de Vigilancia Ambiental).

El Sistema de Gestión Medioambiental del Centro de Almacenamiento de El Cabril, ha sido certificado por AENOR en la Norma UNE-EN ISO-14001, lo cual representa un reconocimiento de las medidas y objetivos establecidos en el Centro para la mejora de su comportamiento medioambiental. El Cabril es el primer centro de almacenamiento de residuos radiactivos que ha alcanzado tal certificación.

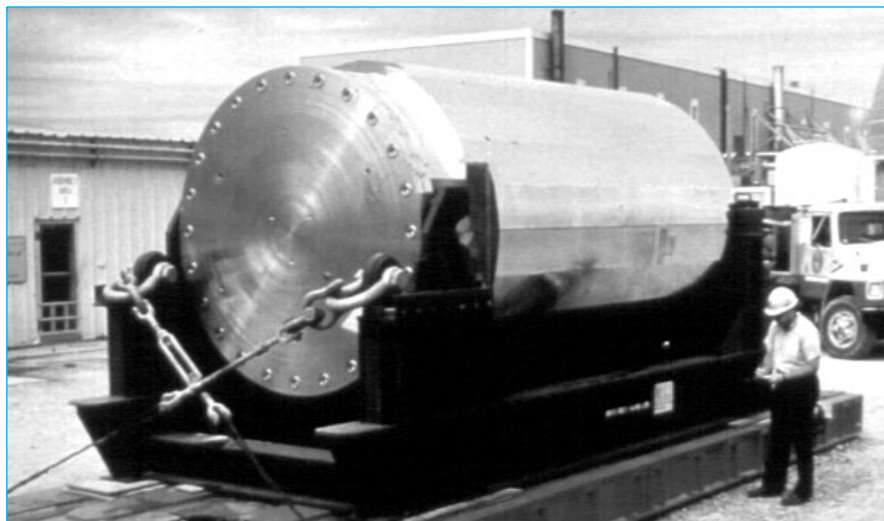
En estos momentos, el volumen anual de este tipo de residuos generados en España es de unos 1.000 m³, las previsiones sobre el total que se alcanzará, suponiendo una vida de operación de las actuales centrales nucleares de 40 años, es de unos 50.000 m³.

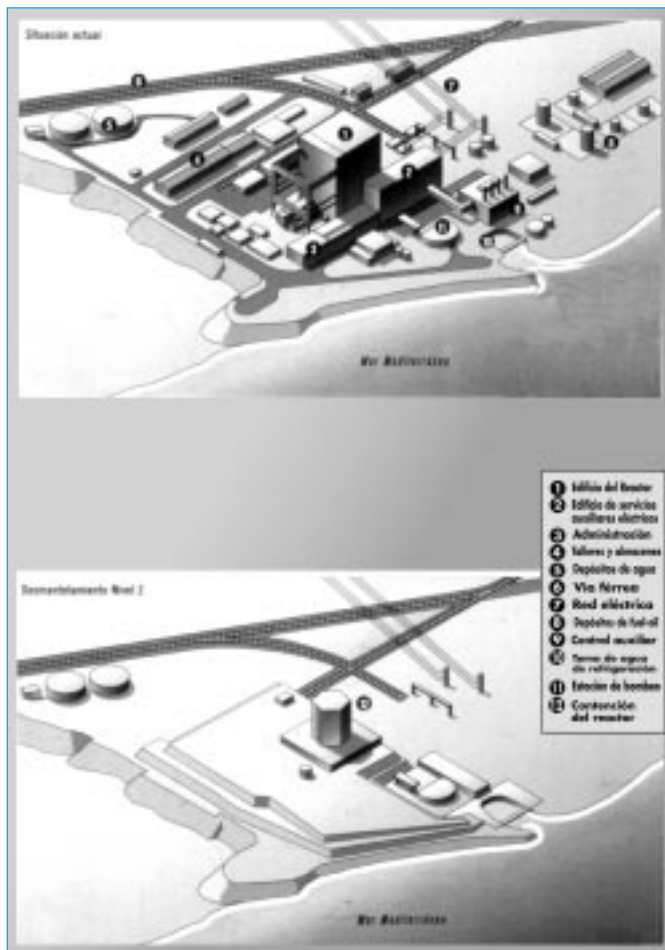
Las acciones para mejorar la gestión de los residuos de operación de las centrales pasan por la disminución del volumen generado de los mismos. En este sentido se han emprendido proyectos, acordados entre ENRESA y las CC.NN., que tienen como fin las referidas reducciones, a base de desarrollar proyectos de inversión que incidan en la optimización en el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de residuos radiactivos de las CC.NN., separación estricta entre corrientes radiactivas y no radiactivas, concentración máxima de afluentes líquidos, descontaminación de sólidos, desclasificación de líquidos de muy baja actividad, mantenimiento y mejora de la cultura de seguridad de los operadores e investigación en nuevas técnicas para el tratamiento y reducción de volumen.

Estos proyectos se iniciaron en 1994, con una primera fase hasta 1997 en la que se invirtieron 97 millones de pesetas, en 1998 da comienzo una segunda fase que se prolongará hasta el 2004, para la que se han presupuestado 1050 millones de pesetas. Los resultados alcanzados han sido muy importantes, esperándose que para el año 2001 las reducciones, en el volumen de residuos generados, se sitúen entre el 45 y el 50% con respecto a los producidos en 1993.

El combustible gastado es en España el residuo radiactivo de alta actividad, ya que por ley no se puede reelaborar. Está

Contenedor de Almacenamiento de Residuos de Alta Actividad.





"Composición de Vandellós I" en su estado actual y aspecto que tendrá después de realizar el nivel 2 de clausura.

constituido, físicamente, por las barras del combustible, los elementos combustibles y el núcleo del reactor. La composición química, o mejor, los elementos que se encuentran en él son uranio, plutonio y hasta un total de 90 precursores, o productos directos, de fisión. En su gestión se contemplan la fase temporal y la definitiva.

En la fase temporal el tratamiento consiste en depositar el combustible irradiado en piscinas, pasándolo posteriormente, si es necesario, a contenedores. La tecnología de almacenamiento en piscinas es segura y ampliamente probada, además de tener una relación coste beneficio óptima, la limitación de esta alternativa es el espacio físico, que imposibilita una continua ampliación.

ENRESA ha llevado a cabo, junto con las CC.NN un proyecto de ampliación de la capacidad de almacenamiento en las piscinas de todas las centrales. Se han sustituido los primitivos bastidores por otros más compactos, contruidos con acero borado, que por su capacidad de absorción de neutrones, permiten una mayor proximidad de los elementos de

combustible gastado, siempre en condiciones subcríticas, lo que proporciona una mayor capacidad. No obstante, a pesar de la ampliación, hay centrales como la de Trillo cuya capacidad de almacenamiento se está terminando, lo que implica que si no se quiere parar la instalación habrá que recurrir al almacenamiento del combustible gastado en seco, en contenedores metálicos, los cuales permiten una ampliación de la capacidad de almacenamiento, en el emplazamiento, de forma segura, flexible y progresiva, a la vez que la manipulación futura del residuo se minimiza al utilizar un mismo contenedor para almacenamiento y transporte. ENRESA, ante ello, tomó la deci-

sión, en 1990, de acometer el desarrollo de un contenedor metálico, de almacenamiento y transporte, para el combustible gastado de dicha instalación. En este momento ya se dispone del diseño de dicho contenedor y de la correspondiente licencia por parte del C.S.N. Su fabricación y la puesta en marcha de este tipo de almacenamiento, está pendiente de permisos administrativos.

Este contenedor se denomina ENSA-DPT (Doble Propósito para Trillo) y tiene capacidad para 21 elementos combustibles. El cuerpo del contenedor es un cilindro de construcción multipared (acero-plomo-acero-blindaje neutrónico). En el interior de la envoltura de blindaje neutrónico se disponen radialmente 36 aletas bimetalicas, que facilitan la disipación del calor que emiten los elementos combustibles. El desarrollo de este contenedor fue encargado por ENRESA a la empresa Equipos Nucleares, S.A., junto a ella han colaborado, en el desarrollo del proyecto, la empresa estadounidense NAC International y las españolas Empresarios Agrupados y Principia.

Con anterioridad al inicio del proyecto

del contenedor ENSA-DPT, ENRESA había pedido, en 1989, a la empresa estadounidense NAC el diseño de un contenedor metálico de doble propósito (almacenamiento y transporte), con el fin de disponer de capacidad de almacenamiento en seco, a la vez que adquirir conocimientos sobre esta tecnología. El proyecto finalizó con el diseño del contenedor NAC-STC, de características muy similares que el de Trillo, y ha sido licenciado en los EE.UU. El contenedor se desarrolló y licenció para elementos combustibles como los utilizados en las centrales de Almaraz, Ascó y Vandellós II. En el desarrollo del contenedor, además de NAC, han participado las empresas españolas Equipos Nucleares y Empresarios Agrupados.

En cuanto a la gestión definitiva del combustible gastado, aún no se ha adoptado ninguna decisión sobre qué tecnología emplear.

Desde un principio, ENRESA ha realizado un gran esfuerzo de investigación en la tecnología del Almacenamiento Geológico Profundo (AGP). Los conocimientos y desarrollos alcanzados, en este campo, han sido muy importantes, continuando su avance a través de los proyectos que se están desarrollando, fundamentalmente, en laboratorios extranjeros (Aspo en Suecia, Grimsel y Mont Terri en Suiza, Mol en Bélgica).

A mediados del pasado año se decidió que la investigación, sobre el tratamiento final del combustible gastado, debería explorar nuevas líneas, como la tecnología de separación y transmutación, dejando en suspenso, durante un periodo de 10 años, la decisión sobre cuál será la tecnología a emplear en la solución definitiva de los residuos de alta actividad.

Sobre la transmutación, en estos momentos, se está iniciando una gran actividad de I+D en todo el mundo. El objeto último de esta tecnología es conseguir, mediante el bombardeo con partículas a cada elemento específico, reacciones nucleares que generen productos finales no radiactivos.

CLAUSURA Y DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES *

Se entiende por clausura de una instalación nuclear, el conjunto de actividades desarrolladas al final de la vida operativa de la instalación, con el objeto de dejar el emplazamiento en un estado seguro y de posible utilización para otros fines. En la realización de estas labores se obtienen cantidades importantes de todo tipo de residuos, algunos de los cuales son radiactivos de baja y media actividad.

* (El número de noviembre de esta revista, será monográfico sobre desmantelamiento. En ese momento se dará una amplia y detallada información sobre Vandellós I).

Los principales materiales contaminados de radiactividad son hormigones estructurados y de relleno, chatarras de hierro acerado (tuberías, equipos y componentes, estructuras), chatarras de aluminio y aleaciones diversas, a los que la radiactividad les ha llegado por contaminación y activación.

La clausura de una instalación nuclear se aborda por etapas llamadas niveles de clausura:

- Nivel 1. Mantenimiento de la instalación en situación de parada segura, incluyendo la retirada del combustible gastado y los residuos de operación.

- Nivel 2. Desmantelamiento de las partes activas de la instalación, excluido el reactor.

- Nivel 3. Desmantelamiento total dejando el emplazamiento en condiciones de ser utilizado sin ningún tipo de restricción.

ENRESA está acometiendo el nivel 2 de clausura de la Central Nuclear Vandellós I. Esta central tenía una potencia de 497 MW, usaba como combustible uranio natural, como moderador grafito y CO₂ como refrigerante. A finales de 1989, como consecuencia de un incendio en el turboalternador número 2, la instalación fue parada, tras el análisis de la situación, y a la vista de los condicionantes del CSN para su puesta en mar-

cha, la propiedad decidió no acometer las reformas requeridas, lo que supuso la parada definitiva en 1990, a la vez que el inicio de los trámites para su desmantelamiento. En 1994 fue aprobado el Plan de Desmantelamiento y Clausura de la Central presentado por ENRESA, quien en 1998 pasa a asumir la condición de explotador responsable de la Central, hasta que finalicen las obras.

ENRESA realizó, como paso previo a la autorización de desmantelamiento, el preceptivo Estudio de Impacto Ambiental, que fue aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente mediante la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental.

En la ejecución de este nivel 2 de clausura, que fue iniciado a finales de 1998, se tardará 5 años y quedará liberado el 80% del emplazamiento. En esta etapa se producirán 16.500 toneladas de chatarras convencionales, que serán recicladas; pequeñas cantidades de productos tóxicos y peligrosos, que se depositarán en vertederos controlados; 277.000 toneladas de escombros de hormigón convencionales; y 2.000 toneladas de residuos radiactivos cuyo destino final será el almacén de El Cabril.

Finalizada esta etapa y tras 25 años de espera, con el fin de que la radiactividad decaiga a niveles de mínimo coste radio-



Ricardo Manso Casado, Ingeniero de Minas por la E.T.S de Ingenieros de Minas de Madrid.

A finales de los 70 se incorpora al Plan Nacional de Exploración e Investigación de Uranio en la JEN, pasando en 1979 con la misma actividad a ENUSA, donde posteriormente fue Jefe de la Planta de Concentrados de Uranio de La Haba y Subdirector del Centro Minero de ENUSA en Extremadura. En 1991 se traslada al INI como Jefe de Área de la Dirección de Inversiones y Tecnología. Desde 1997 trabaja en ENRESA en el departamento de Evaluación y Soporte de la Información.

lógico en la manipulación, se abordará el nivel 3 de clausura.