

Desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera

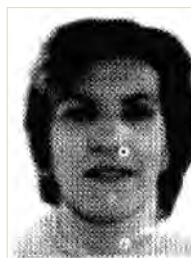
N. Martín y J. L. Santiago

El desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera es el primer desmantelamiento total planificado nivel 3, de acuerdo con la clasificación de la OIEA, que se realizará en España. En la actualidad existen múltiples experiencias internacionales sobre el desmantelamiento de centrales nucleares, en las que se han planificado, desarrollado o completado procesos de clausura de diversos niveles. Una experiencia práctica muy interesante para el caso del desmantelamiento de CN José Cabrera es el desmantelamiento de la central nuclear de Yankee Rowe, por ser una central PWR de un tamaño similar a CNJC.

En este artículo se resumen las principales actividades a llevar a cabo en las diferentes Etapas: Previa a la Parada Definitiva, Transición y Desmantelamiento para realizar el desmantelamiento total e inmediato de la central; esto es, proceder al desmantelamiento de todas las estructuras, equipos y componentes con y sin connotación radiológica, seguida eventualmente de la demolición de aquellos edificios que así se determine, y de la gestión de los materiales residuales generados, para finalizar con la restauración y liberación de los terrenos del emplazamiento ocupados por la central.

The dismantling of the Jose Cabrera Nuclear Power Plant is the first complete planned dismantling of level 3, in accordance with the IAEA classification, that will be undertaken in Spain. At present there are multiple international experiences with NPP dismantling in which different levels of decommissioning processes have been planned, developed or completed. A very interesting practical experience for the Jose Cabrera NPP dismantling is the dismantling of Yankee Rowe nuclear power plant, as it is a PWR plant of a size similar to JC NPP.

This article summarizes the main activities to be carried out in the different stages for performing the complete, immediate dismantling of the plant: Prior to Final Shutdown, Transition and Dismantling, i.e., proceed to dismantle all the structures, equipment and components with or without radiological connotations, eventually followed by demolition of the designated buildings and management of generated waste materials, and ending with the restoration and clearance of the site grounds occupied by the Plant.



NIEVES MARTÍN PALOMO es licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid. En 2006 se incorporó a ENRESA como jefa del Proyecto de Desmantelamiento y Clausura de la central nuclear José Cabrera.



JUAN LUIS SANTIAGO es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Master en Ingeniería Civil y Master en Administración de Empresas. Actualmente es el Jefe del Departamento de Proyectos de Clausura donde es responsable de los proyectos de desmantelamiento de ENRESA

INTRODUCCIÓN

La central nuclear José Cabrera, propiedad de UNION FENOSA, S. A., comenzó su construcción en 1964 e inició su explotación comercial en 1969. Consta de un Sistema Nuclear de Producción de Vapor, de diseño y suministro Westinghouse, formado por un reactor de agua ligera (PWR) de Potencia Térmica Autorizada 510 MW y Potencia Eléctrica 160 MW, y todos los Sistemas Auxiliares y de Seguridad necesarios para el funcionamiento eficaz de la instalación en condiciones seguras.

La Dirección General de Política Energética y Minas, a través de la Orden ITC/1625/2006, de 20 de abril de 2006, declaró el cese definitivo de la explotación de la central nuclear José Cabrera el 30/04/2006, y estableció las condiciones a las que deben ajustarse



Figura 1. Central nuclear José Cabrera.

las actividades a realizar en la instalación hasta la autorización de desmantelamiento, así como el marco básico para la obtención de ésta.

EXPERIENCIAS EN DESMANTELAMIENTO

Nacionales

El desmantelamiento de la antigua Fábrica de Uranio de Andújar, realizado entre 1991 y 1994, fue el primero que se hizo en España. Su emplazamiento, restaurado ambientalmente, se encuentra en fase de vigilancia.

En el caso de la central nuclear Vandellós I (Tarragona), su desmantelamiento, realizado entre 1998 y 2003, se convirtió en una experiencia pionera tanto por su envergadura y complejidad, como por el reto que representaba acometer el primer proyecto de estas

características en España, y uno de los primeros en el mundo.

El modelo Vandellós I constituye un referente internacional para otros países de la OIEA y la OCDE.

Finalizados los trabajos en el año 2003, la instalación se encuentra en fase de latencia.

Actualmente, Enresa está desmantelando diversas instalaciones del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) en Madrid, dentro del Plan Integrado para la mejora de Instalaciones del CIEMAT (PIMIC)

Internacionales

En la actualidad existen múltiples experiencias internacionales sobre el desmantelamiento de centrales nucleares en las que se han planificado, desarrollado o completado procesos de clausura de

diversos niveles, las principales experiencias y prácticas se concentran en determinados países de la Europa occidental y en Estados Unidos.

Una experiencia práctica muy interesante para el caso del desmantelamiento de CN José Cabrera es el desmantelamiento de la central nuclear de Yankee Rowe, por ser de un tamaño similar. Esta central se decidió desmantelarla usando la estrategia de desmantelamiento total inmediato, debido a la disponibilidad actual de una instalación de almacenamiento final de residuos que no estaba garantizada para el futuro.

Una característica significativa de este proyecto de desmantelamiento ya concluido, es la realización, en primer lugar, de un plan de desmontaje de grandes componentes tales como los generadores de vapor y el presionador, que fueron rellenados con hormigón de baja densidad para fijar la contaminación interna y fueron transportados intactos al correspondiente almacenamiento de residuos, actuando estos componentes como contenedores de transporte para el bulto radiactivo formado. Asimismo, la vasija del reactor también fue retirada intacta y preparada para su transporte. El espacio anular entre la vasija y la pared interior del contenedor fue relleno también con hormigón de baja densidad y el bulto completo transportado al almacenamiento de residuos.

Los internos de la vasija fueron segmentados siguiendo un detallado plan de actuación, para asegurar que estos componentes ocupasen el menor número posible de bultos de residuos radiactivos. Los internos se segmentaron bajo agua con una plataforma de corte especialmente diseñada y situada encima de la cavidad de recarga.

Otros desmantelamientos de centrales nucleares tipo PWR, que han optado así mismo por el desmantelamiento total inmediato son: Rancho Seco (1975 - 1989 y 913 MW), Trojan (1976 - 1992 y 1130 MW), San Onofre Unit 1 (1968 - 1992 y 438 MW), Connecticut Yankee (1968 - 1996 y 590 MW) y Maine Yankee (1972 - 1997 y 830 MW).

La experiencia internacional habida en el desmantelamiento de centrales nucleares refleja que:

- Se han realizado con éxito o están en fase de ejecución un amplio número de desmantelamientos totales de reactores comerciales de gran potencia. En particular se han desmantelado varios reactores tipo PWR, similares a José Cabrera y de mayor potencia.

- La experiencia muestra que las tecnologías y métodos para abordar el desmantelamiento de cualquier componente o zona de una central nuclear están disponibles y han sido probadas



Figura 2. Aspecto actual de la antigua fábrica de uranio de Andújar.



Figura 3. Aspecto actual de la central nuclear Vandellós I.



Figura 4. Vista aérea del CIEMAT.



Figura 5. Central nuclear americana.

satisfactoriamente en diversos proyectos. En Europa, el desmantelamiento de la vasija se efectúa por segmentación mientras que en Estados Unidos se tiende a su retirada y almacenamiento final en una pieza

- Las estrategias en cada caso están influenciadas por las condiciones específicas país-central-propietario-emplazamiento. En el caso de centrales que no comparten el emplazamiento con otras unidades, la tendencia a alcanzar a corto plazo el desmantelamiento total es mucho mayor que en el caso de centrales que sí lo comparten.

Con objeto de facilitar el acceso a la experiencia americana y aprovechar su transferencia al caso de CN José Cabrera, UFG y ENRESA participan desde el año 2003 en el Programa de Desmantelamiento del Electric Power Research Institute (EPRI) que recoge las experiencias de todas las centrales de EE.UU. en desmantelamiento. En una primera etapa, el soporte técnico se ha centrado en el apoyo a UNIÓN FENOSA para preparar la Documentación de Licencia aplicable a la Etapa de Transición, y posteriormente, el soporte se ha centrado en el apoyo a ENRESA en los siguientes temas técnicos:

- Descontaminación del Sistema Primario.
- Contenido de la Documentación de Licencia para el Desmantelamiento y Clausura.
- Desmantelamiento de Grandes Componentes y Estructuras.
- Caracterización Final del Emplazamiento.

DESMANTELAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEAR JOSÉ CABRERA

Etapas Previas a la Parada Definitiva

En el año 2003, dentro del marco del Apéndice J y como consecuencia de la publicación de la fecha del cese definiti-

vo de la explotación, ENRESA elabora el Estudio Básico de Estrategias para el Desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, que presenta al Ministerio de Economía en julio de ese mismo año.

El Estudio Básico de Estrategias propone acometer de forma inmediata las etapas necesarias para realizar el desmantelamiento total de la central (Alternativa 1); esto es, proceder al desmantelamiento de todas las estructuras, equipos y componentes con y sin connotación radiológica, seguida eventualmente de la demolición de aquellos edificios que así se determine, y de la gestión de los materiales residuales generados, para finalizar con la restauración y liberación de los terrenos del emplazamiento ocupados por la central.

Asimismo, en septiembre del año 2003, dentro del marco del Apéndice J, ENRESA inició la realización de la Ingeniería Básica y Documentación de Licenciamiento del Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) de la central nuclear José Cabrera, según la alternativa elegida en el anterior Estudio Básico de Estrategias.

Las actividades de planificación e ingeniería comprenden entre otras las siguientes tareas:

- Caracterización radiológica de la instalación.

- Análisis e inventarios físicos y radiológicos de materiales.

- Ingeniería básica del plan de desmantelamiento y documentación de licencia.

Esta Etapa ha culminado con la presentación, en febrero de 2006, al CSN para comentarios de la Propuesta o de Rev. o de la documentación requerida por el RINR.

Etapas de Transición

La Etapa de Transición corresponde al período comprendido entre la Parada Definitiva de la Instalación y la Transferencia de Titularidad/Autorización de Desmantelamiento.

El Titular de la Instalación en esta Etapa es UNIÓN FENOSA y la documentación oficial que regula el funcionamiento de la instalación es la documentación asociada a la Autorización de Cese Definitivo de la Explotación, que corresponde a la Documentación de Parada presentada en abril de 2005, previa Autorización por el Ministerio de Economía.

El principal propósito de esta Etapa es reducir los riesgos potenciales de la

1. Edificio reactor.
2. Edificio turbina.
3. Edificio auxiliar.
- 4 y 9. Oficinas y talleres.
- 5 y 6. Transformadores y Diesel.
7. Edificio tratamiento efluentes líquidos.
- 8, 11 y 16. Almacenes de residuos radiactivos.
- 10, 12 y 17. Almacenes convencionales.
13. Parque eléctrico.
14. Canal de descarga.
15. Torres de refrigeración.
18. Control radiológico de expediciones.
19. ATI.



Figura 6. Esquema de la central nuclear José Cabrera.

instalación, e incluye las siguientes actividades:

- Llevar la instalación a una condición segura.
- Reducir los procedimientos, procesos y programas.
- Reclassificar los sistemas.
- Evacuar el combustible gastado al ATI y acondicionar los residuos de operación.
- Preparar el emplazamiento para el desmantelamiento, lo que conlleva entre otras la realización de las siguientes actividades:

- Descontaminación del circuito primario de la central.
- Caracterizar la instalación y el emplazamiento

Asimismo, se ha continuado con las actividades de planificación e ingeniería de detalle del desmantelamiento que comprenden las siguientes actividades:

- Adecuación del plan de desmantelamiento y documentación de licencia a las condiciones impuestas con la autorización de cese definitivo, y a lo comentados del CSN.
- Ingeniería y especificaciones de detalle para la realización de los trabajos de desmantelamiento.

El 30 de abril de 2008 ENRESA solicitó, al Ministerio de Industria Turismo y Comercio (MITYC), la transferencia de titularidad de la instalación "CN José Cabrera" y la correspondiente autorización para llevar a cabo el Plan de Desmantelamiento y Clausura de la instalación, presentando como soporte a dicha solicitud la documentación requerida en el art. 30 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

En marzo de 2007, se inició el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental con la presentación al MITYC del Documento Comprensivo del Proyecto; y, una vez finalizado el proceso de consultas y enviadas éstas por el Ministerio de Medio Ambiente a ENRESA, se presentó el Estudio de Impacto Ambiental al MITYC en julio de 2008.

Etapas de Desmantelamiento

El Proyecto de Desmantelamiento y Clausura de CNJC da prioridad a la seguridad del medio ambiente, del público y del personal que realiza los trabajos. Esta máxima se traduce en una planificación de los trabajos, en la que todas las actividades se someten a un estricto control que tiene en cuenta tanto los riesgos laborales propios de cualquier industria convencional como los radiológicos.

Las principales actividades del Proyecto se pueden secuenciar en cinco grandes grupos de actividades, que a su vez pueden dividirse en varias subactividades con distintos hitos relevantes, que

se desarrollarán de acuerdo a los planes asociados que conforman el proyecto:

- Actividades Preparatorias.
- Desmantelamiento de edificios convencionales.
- Desmontaje de sistemas y componentes radiológicos.
- Descontaminación y demolición de edificios.
- Restauración del emplazamiento.

A continuación, se resumen las actividades principales del desmantelamiento y los planes que las desarrollan.

Actividades Preparatorias

El inicio de las tareas del desmantelamiento requiere disponer de una serie de sistemas e instalaciones auxiliares, que deben ser analizados, definidos e implantados con anterioridad. Estas actividades preparatorias se realizarán de acuerdo a los Planes de Modificaciones de Sistemas y los Planes de Acondicionamiento de Instalaciones Auxiliares. Además, con objeto de eliminar riesgos e interferencias durante el desarrollo de los trabajos, se aplicarán los Planes de Descargos Definitivos y el Plan de Reducción/ Eliminación de Riesgos.

Desmantelamiento de elementos convencionales

Se incluyen en este apartado los desmantelamientos correspondientes a los

edificios e instalaciones de la central sin connotaciones radiológicas. Estas actividades pueden realizarse en paralelo con los correspondientes a los edificios con connotaciones radiológicas y son las denominadas "desmontajes convencionales". Se realizará según el Plan de Desmontaje de Elementos Convencionales.

Entre los edificios e instalaciones más significativos de este grupo se encuentran: edificio de turbinas, edificio Diesel, torres de refrigeración, talleres, etc.

Desmantelamiento de Elementos Radiológicos

Se llevará a cabo de acuerdo al Plan de Desmontaje de Elementos Radiactivos y al Plan de Desmontaje de Grandes Componentes.

Las actividades básicas que integran estos planes son las siguientes:

- Desmontaje y descontaminación del edificio del reactor.
- Desmontaje y descontaminación del edificio auxiliar.
- Desmontaje y descontaminación del edificio del evaporador de residuos.
- Desmontaje y descontaminación de los almacenes temporales de residuos.

El conjunto de actividades más significativas de todo el desmantelamiento, es el correspondiente al desmontaje de los Grandes Componentes. La secuencia

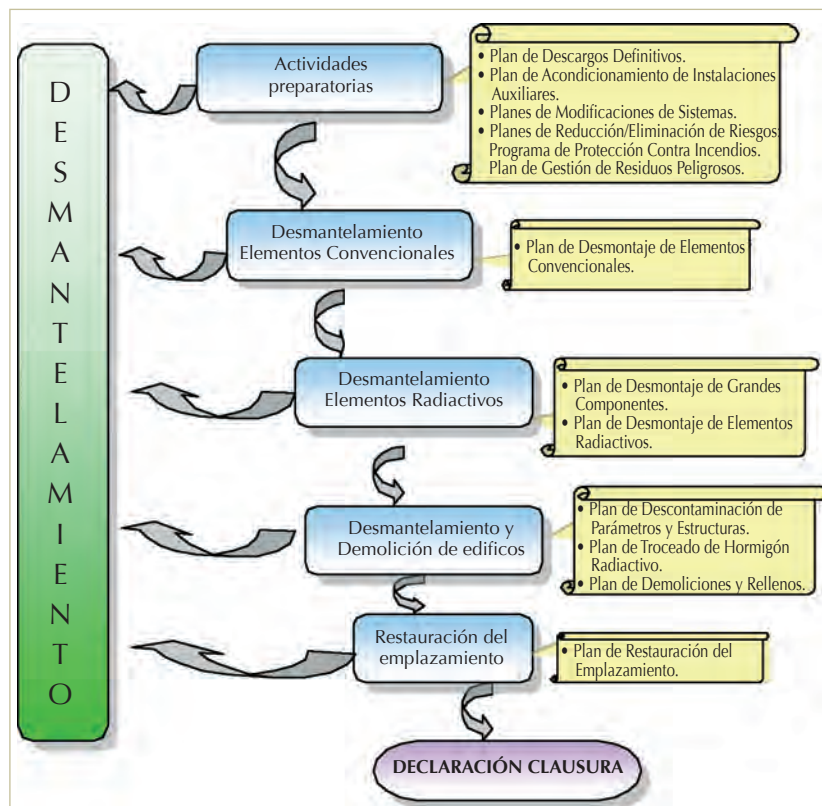


Figura 7. Actividades principales de desmantelamiento y planes que las desarrollan.

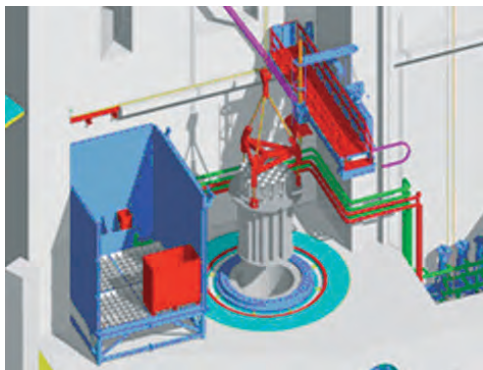


Figura 8. Extracción de los Internos Superiores.

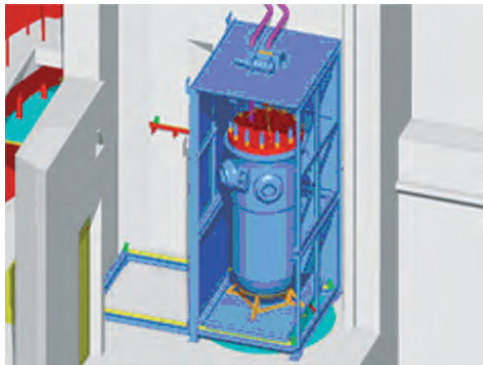


Figura 9. Colocación de la vasija del reactor sobre el soporte para segmentar la sección del fondo.

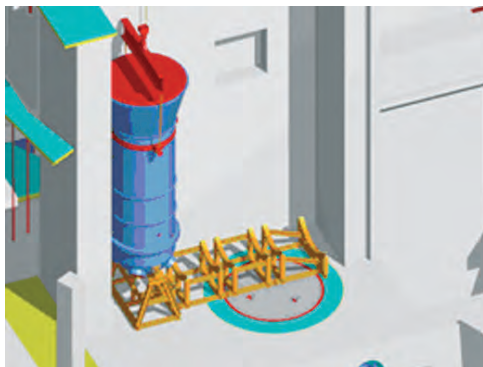


Figura 10. Colocación de la parte inferior del generador de vapor en la cavidad de recarga.

de desmantelamiento propuesta para grandes componentes es:

- Desmontaje y segmentación de los internos del reactor.
- Desmontaje y segmentación de la vasija del reactor.
- Desmontaje y segmentación de los grandes componentes del circuito primario en el siguiente orden: bomba de refrigerante, presionador y generador de vapor.

Descontaminación y demolición de edificios

En este grupo de actividades serán de aplicación el Plan de Descontaminación de Paramentos y Estructuras, el Plan de Troceado de Hormigón Radiactivo y el Plan de Demoliciones y Rellenos.

La descontaminación de paramentos y estructuras se realizará una vez eliminados los componentes de los distintos edificios y finalizada cualquier actividad que pudiera conllevar una nueva contaminación (ruta de paso de residuos, o almacenamiento temporal).

Restauración del emplazamiento

El Plan de Restauración del Emplazamiento servirá para garantizar que los suelos y edificios que van a ser liberados están limpios de radiactividad residual. Este grupo de actividades contempla, por tanto, la desclasificación de todos los edificios e instalaciones de la central, la demolición de aquellos que así se determine y el relleno de determinadas cavidades.

Gestión de materiales residuales

La gestión de materiales, al igual que la caracterización radiológica, son actividades que se realizan durante todas las fases del proyecto. Estas actividades se desarrollarán de acuerdo a los Planes de Gestión de Materiales: Plan de Gestión de Residuos Peligrosos, Plan de Control de Materiales Desclasificables y Plan de Gestión de Residuos Radiactivos y del Combustible Gastado.

El desmantelamiento de la central generará una gran cantidad de materiales residuales, debiéndose determinar cuáles serán reciclados y cuáles tratados como residuos.

Para reducir al máximo el volumen de residuos y hallar vías de reutilización para el resto, se implantará un sistema de gestión de materiales que garantice el correcto destino de los mismos, especialmente para aquellos materiales que proceden de zonas radiológicas. En este sentido, se pondrá en marcha un sistema que controle todos los materiales procedentes de dichas zonas que, por su historial y sus características, sean candidatos a la desclasificación y, por tanto, sean susceptibles de ser gestionados como convencionales.

Los escombros de hormigón podrán ser reutilizados dentro del propio emplazamiento, los materiales férricos convencionales serán reciclados y los productos tóxicos y peligrosos serán depositados y tratados en instalaciones apropiadas a través de gestores autorizados.

La política de gestión de los materiales contaminados estará encaminada asimismo a reducir el volumen de los residuos radiactivos generados. Para ello se descontaminarán en el propio emplazamiento todos aquellos materiales que, por su bajo contenido radiactivo o por sus componentes y geometría, permitan



Figura 11. Aspecto actual y simulación futura de la central nuclear José Cabrera.



Figura 12. Gestión de materiales residuales.

una descontaminación que no genere un excesivo volumen de residuos secundarios, ni un riesgo radiológico apreciable para los trabajadores.

El resto de materiales contaminados que se generen durante el desmantelamiento de elementos radiactivos, es decir, aquellos que no se puedan descontaminar ni reutilizar, serán gestionados como residuos radiactivos y expedidos al centro de almacenamiento de El Cabril.

Del total de materiales generados durante el desmantelamiento se ha estimado que sólo 4043 toneladas (3,88%) serán residuos radiactivos; distribuidos

el 3,84% entre residuos de muy baja actividad (RBBA) y residuos de media y baja actividad (RBMA), y el resto, el 0,04% residuos de media actividad y vida larga que van al Almacén Temporal Individualizado (ATI).

El almacén de El Cabril dispone de capacidades suficientes para almacenar los residuos RBBA y RBMA que se prevé generar, y el resto se almacenarán en las unidades de almacenamiento del Almacén Temporal Individualizado que se ha construido en el emplazamiento de la central nuclear José Cabrera.

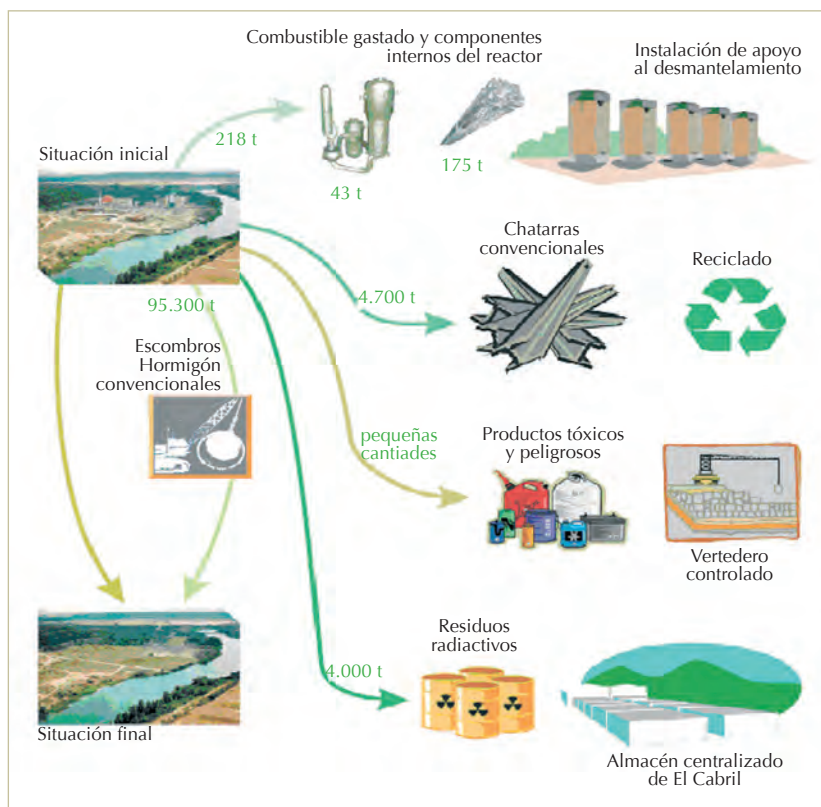


Figura 13. Gestión de materiales residuales.

CRONOGRAMA Y COSTES

Una vez parada la central, el 30 de abril de 2006, comenzaron las tareas previas al proyecto de desmantelamiento. Estas actividades, realizadas bajo la titularidad del propietario, han incluido la construcción de un almacén temporal para el combustible gastado del reactor, así como otras obras preparatorias que continuarán cuando Enresa asuma la titularidad del emplazamiento en 2009.

En el periodo de tiempo comprendido entre 2008 y abril de 2009 se acometerá la evacuación del combustible y almacenamiento del mismo en el ATI.

La duración total prevista de las obras de desmantelamiento es de seis años. Las tareas a realizar se pueden secuenciar en cinco grandes actividades. En primer lugar, las **actividades preparatorias** se espera que se prolonguen durante más de un año y medio, tras la transferencia del combustible gastado al Almacén Temporal Individualizado (ATI). Paralelamente a las actividades mencionadas se iniciarán las actividades de desmantelamiento de equipos y sistemas de edificios convencionales, concentrándose inicialmente estos trabajos en aquellos edificios o zonas que vayan a tener función en el proceso de desmantelamiento.

Una de las actividades más complejas a llevar a cabo es el desmontaje y segmentación de los **grandes componentes** del sistema primario ubicados en el interior del edificio de contención. Para esta tarea, se estima una duración superior a tres años.

El **desmantelamiento de sistemas y componentes en áreas radiológicas** también será una actividad significativa en cuanto a dosis, riesgo, coste y tiempo, estimándose una duración de unos cuatro años en su desarrollo. Esta actividad se iniciará en paralelo con el proceso de desmontaje de grandes componentes, finalizando aproximadamente un año después de dicho desmontaje.

La **descontaminación de paramentos y estructuras, así como su demolición y relleno de huecos**, se realizará una vez eliminados los componentes de los distintos edificios y se espera que se prolongue durante unos tres años y medio.

Finalmente, la restauración del emplazamiento tendrá una duración estimada de dos años, realizándose en paralelo con el proceso de demolición de edificios.

El coste estimado para las diferentes actividades que constituyen el desmantelamiento, excluidas las relacionadas con la evacuación del combustible gastado y el ATI, es de 135 millones de euros (año 2003).