

ALMACENAMIENTO TEMPORAL CENTRALIZADO DE COMBUSTIBLE

IRRADIADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD.

REFERENCIAS INTERNACIONALES

NOVIEMBRE 2006

INDICE

1. POLÍTICAS DE GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE IRRADIADO.
2. TECNOLOGIAS DE ALMACENAMIENTO DISPONIBLES.
3. REFERENCIAS INTERNACIONALES DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL CENTRALIZADO.
4. REFERENCIAS INTERNACIONALES DEL CONCEPTO TIPO “BOVEDA”.
 - 4.1 ESTADOS UNIDOS
 - 4.2 FRANCIA
 - 4.3 HOLANDA
 - 4.4 HUNGRIA
 - 4.5 REINO UNIDO
5. CONCLUSIONES.
6. ILUSTRACIONES.

1. POLÍTICAS DE GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE IRRADIADO.

La gestión del combustible irradiado generado en la operación de las centrales nucleares constituye un aspecto crucial a la hora de definir las políticas de gestión en todos los países que disponen de programas nucleares, dado que la opción elegida depende, no solo de consideraciones estratégicas, técnicas, económicas, medioambientales o de riesgo de proliferación de materiales nucleares, sino que también forma parte del debate energético y socio-político.

Algunos países consideran el combustible irradiado como un recurso energético, dado que su contenido remanente de uranio y plutonio puede ser recuperado y reutilizado para la producción de más energía, mientras que otros lo consideran un residuo, utilizando argumentos principalmente económicos y de riesgos de proliferación en las actividades de reprocesado y reciclaje. Ambas visiones han sido debatidas durante décadas y, si bien su elección es importante en la definición de la política energética de un país, no lo es tanto desde el punto de vista de la gestión de los residuos radiactivos, ya que la gestión, bien de combustible irradiado o de los residuos de alta y media actividad procedentes de su reprocesado, no presentan, en lo que a opciones tecnológicas se refiere, diferencias sustanciales.

El almacenamiento temporal del combustible irradiado supone una opción segura, económica y flexible que permite disponer de tiempo para analizar y valorar la evolución de las condiciones que influyen en el proceso de toma de decisiones. En cualquier caso, es necesario disponer de suficiente capacidad de almacenamiento, tanto para el combustible irradiado como para los residuos de alta actividad, en tanto no se pongan en práctica soluciones permanentes de gestión.

Un reactor nuclear típico de agua ligera con una potencia de 1000 MW(e) genera anualmente unas 20 toneladas de metal pesado (THM). La generación anual hoy en día en el mundo asciende a unas 10.500 THM, y se espera un incremento a 11.500 THM para 2010. Dado que menos de la tercera parte de esta cantidad es reprocesada, unas 8000 THM se unen cada año al inventario de combustible irradiado almacenado temporalmente. En su mayor parte, el combustible irradiado está almacenado hoy en día en piscinas, para las cuales ya existe una experiencia operacional en el mundo superior a las cuatro décadas. No obstante, las tecnologías de almacenamiento en seco se han desarrollado a

gran escala desde los años 1980 y, hoy en día, son utilizadas en la mayor parte de las ampliaciones o instalaciones nuevas ubicadas en los propios emplazamientos de las centrales nucleares o en instalaciones centralizadas.

2. TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DISPONIBLES.

Se pueden establecer diferentes clasificaciones de los sistemas disponibles para almacenar temporalmente el combustible irradiado, si bien cabe diferenciar dos grandes grupos: el almacenamiento en vía húmeda (piscinas) y en vía seca (contenedores, nichos, bóvedas).

La práctica totalidad de las centrales nucleares actuales disponen de piscinas como medio de apoyo a la gestión del combustible durante la explotación de la central. A diferencia de las tecnologías en seco, las piscinas constituyen sistemas activos, con sus servidumbres de seguridad asociadas a los sistemas auxiliares necesarios para su operación y con una producción secundaria de residuos procedentes del tratamiento del agua de refrigeración.

El sistema de almacenamiento por medio de “contenedores” se basa en la introducción de un número limitado de elementos combustibles en unos envoltorios o cápsulas diseñadas al efecto, que son trasladados posteriormente a una instalación de almacenamiento. Existen distintos tipos de contenedores, entre los que cabe citar los siguientes: metálicos, hormigón, mixtos metal-hormigón, doble propósito, (aptos tanto para almacenamiento como para transporte) o multipropósito (también concebidos para su evacuación definitiva). Estos contenedores se pueden almacenar directamente a la intemperie o bajo edificio, existiendo en el mundo numerosos ejemplos de ambas modalidades.

Los “nichos” de hormigón son instalaciones de almacenamiento horizontal que constan de contenedores secos blindados para alojar el combustible, los módulos de almacenamiento cuya misión fundamental es la de proporcionar blindaje y servir de mecanismo pasivo para la refrigeración de los contenedores, y el contenedor de transferencia utilizado para transferir el contenedor seco al interior del módulo.

Las “bóvedas” permiten el almacenamiento de uno o varios elementos combustibles en tubos metálicos que se disponen vertical u horizontalmente, según el diseño, en una instalación (se pueden visualizar como unas piscinas “secas” que alojan elementos combustibles encapsulados). Los diferentes diseños presentan una zona de recepción a

donde llegan los contenedores de transporte cargados con los elementos combustibles, una zona de acondicionamiento, donde se extrae el combustible del contenedor y se acondiciona para su traslado a la zona de almacenamiento, y la zona de almacenamiento que se puede construir de forma modular, consistente en las bóvedas propiamente dichas.

A diferencia de las piscinas, las tecnologías de almacenamiento en seco están concebidas para ser sistemas totalmente pasivos, en los que el cumplimiento de las funciones de seguridad está garantizado por el propio diseño de la unidad de almacenamiento.

La elección de una u otra tecnología se realiza en función de factores tales como la capacidad total de la instalación, la tasa de recepción anual, la madurez y experiencia previa del sistema de almacenamiento, el tiempo necesario de implantación, las interferencias con la operación de las centrales nucleares, su flexibilidad y modularidad, los costes y la percepción pública.

En términos generales, puede decirse que para pequeñas cantidades de combustible (almacenamiento en las centrales) los sistemas basados en contenedores son más económicos. Por el contrario, para almacenamientos masivos centralizados los sistemas tipo bóvedas son más ventajosos.

3. REFERENCIAS INTERNACIONALES DE ALMACENES TEMPORALES CENTRALIZADOS.

Las mayores instalaciones de almacenamiento de combustible irradiado en el mundo son las piscinas de recepción de las plantas de reprocesado de la Hague (Francia), Sellafield (Reino Unido), Mayak-Chelyabinsk (Federación Rusa) y Rokkasho (Japón), en las cuales permanece el combustible irradiado hasta que se acomete la operación de reprocesado. En estos mismos complejos se encuentran grandes instalaciones de almacenamiento temporal de los distintos tipos de residuos radiactivo resultantes de este tratamiento.

Por otra parte, en la práctica totalidad de los países con centrales nucleares comerciales, existen distintas instalaciones de almacenamiento temporal de combustible gastado y residuos de alta actividad, adicionales a las piscinas previstas en el diseño inicial de los reactores. Entre las más significativas de las que disponen de instalaciones centralizadas se encuentran la denominada CLAB en Suecia, que alberga todo el combustible irradiado de los 12 grupos nucleares de aquel país en una piscina subterránea, la holandesa HABOG, que alberga el combustible irradiado procedente de los reactores experimentales del país, así como los residuos de alta y media actividad procedentes del reprocesado en

Francia y el Reino Unido del combustible irradiado de los dos reactores del país, la suiza ZWILAG, un complejo en el que se almacenan los residuos procedentes del reprocesado del combustible irradiado en las centrales suizas y el combustible irradiado que no se ha previsto reprocesar, y los silos de almacenamiento de las plantas de reprocesado.

A continuación, en la Tabla se incluyen las principales instalaciones de almacenamiento centralizado en distintos países, indicándose el tipo de tecnología utilizado y los materiales almacenados.

PAÍS	INSTALACIÓN	TECNOLOGÍA	CG/Vidrios
Alemania	Ahaus Gorleben	Cont. Metálicos Cont. Metálicos	CG CG y V
Bélgica	Dessel	Bóveda	V
EE.UU.	PFS (*)	Cont. Metal-Hormigón	CG
Fed. Rusa	Mayak (**) Krasnoyarsk (**)	Piscina Piscina	CG CG
Francia	La Hague (**) La Hague (**) CASCAD	Piscina Bóveda Bóveda	CG V V
Holanda	HABOG	Bóveda	CG y V
Reino Unido	Sellafield (**) Sellafield (**)	Piscina Bóveda	CG V
Suecia	CLAB	Piscina	CG
Suiza	ZWILAG	Cont. Metálicos	CG y V

(*) En fase de concertación.

(**) Incluidas en los propios complejos de reprocesado

V: Vidrios (Residuos de Alta Actividad vitrificados)

CG: Combustible Gastado.

4. REFERENCIAS INTERNACIONALES DEL CONCEPTO TIPO BÓVEDA.

La tecnología de almacenamiento en bóveda con distintos diseños ha sido licenciada e implantada en varios países, entre los que cabe destacar: Estados Unidos, Francia, Holanda, Hungría y el Reino Unido.

A continuación se indican las principales instalaciones que existen en dichos países:

4.1. ESTADOS UNIDOS

En EE.UU. está en operación desde 1999 una instalación modular tipo bóveda licenciada por la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) en el emplazamiento de la central nuclear Fort St. Vrain en el estado de Colorado. Dicha instalación, cuyo titular es el Departamento de Energía (DOE) fue construida para almacenar el combustible gastado de la central nuclear que ha sido clausurada y desmantelada. Las bóvedas almacenan 1464 elementos de combustible gastado de grafito en 244 capsulas. Cada capsula almacena 6 elementos combustibles, las cuales a su vez se albergan en tubos verticales de acero al carbono. El calor desprendido por el combustible gastado se extrae mediante un sistema de ventilación por convección natural.

En el Laboratorio Nacional de Ingeniería Eléctrica de Idaho (INEEL) se ha construido una instalación del mismo tipo para almacenar el combustible irradiado de reactores experimentales. Tiene capacidad para almacenar 235 toneladas de combustible y está prevista su puesta en marcha en 2006.

4.2. FRANCIA

El parque nuclear francés dispone de 58 reactores de agua a presión actualmente en funcionamiento, distribuidos en 19 centrales nucleares, así como 11 reactores experimentales de distintos tipos en operación. Los reactores nucleares comerciales generan anualmente unas 1150 toneladas de combustible irradiado. A finales de 2004, unas 7200 toneladas de combustible irradiado en reactores franceses estaban almacenadas en las instalaciones de La Hague, 3600 toneladas en las piscinas de las centrales nucleares y 120 toneladas de combustible procedente de los reactores experimentales en las instalaciones de los centros operados por el Comisariado de la Energía Atómica (CEA). Francia ha optado por una política basada en el reprocesado y reciclado del combustible irradiado, para lo cual cuenta con una planta en La Hague con capacidad para reprocesar 1700 toneladas de combustible anualmente y con una planta (MELOX) para la fabricación de combustible de óxidos mixtos (MO: óxido de Uranio y Plutonio) en Marcoule.

El combustible irradiado, una vez descargado del reactor, se almacena en las piscinas de las centrales nucleares para su enfriamiento, antes de ser transportado a la planta de La Hague. El complejo de La Hague comprende cinco piscinas con una capacidad total de almacenamiento para 14.000 toneladas de combustible. Una vez acondicionados los residuos generados en el reprocesado se almacenan en las propias instalaciones dedicadas en La Hague.

Los residuos radiactivos de alta actividad (RAA) se almacenan en unas instalaciones tipo bóveda, las cuales han sido diseñadas inicialmente para un periodo de 50 años, aunque según los análisis efectuados en el marco de la Ley de Investigación de 1991, las instalaciones más modernas podrían operar por un periodo de hasta unos 100 años. El volumen de residuos de alta actividad (vitrificados) actualmente almacenados en estas instalaciones es de unos 1700 m³ y el correspondiente a residuos de actividad intermedio y larga vida es de 46.000 m³.

El combustible irradiado procedente de los reactores experimentales del programa civil del CEA está almacenado en la instalación CASCAD, una bóveda de almacenamiento en seco ubicada en Cadarache.

La experiencia operacional de estas instalaciones de tipo bóveda es superior a los 20 años.

4.3. HOLANDA

Holanda dispone de dos centrales nucleares, una actualmente en operación en el emplazamiento de Borssele y otra más pequeña que fue parada definitivamente en 1997. Existen además dos reactores de investigación operativos.

Las empresas eléctricas titulares de las centrales nucleares han decidido reprocesar el combustible irradiado, debiendo retornar al país los residuos generados en dichas operaciones.

La política definida en Holanda para todos los tipos de residuos radiactivos es el almacenamiento temporal centralizado por un periodo de 100 años en instalaciones de superficie.

La Organización Central de Residuos Radiactivos (COVRA), una empresa estatal con funciones similares a las de ENRESA en España, opera una instalación de almacenamiento temporal centralizado en la zona industrial de Vlissingen-Oost, al suroeste del país cerca de la central nuclear de Borssele. El emplazamiento tiene una superficie de 25 hectáreas, en el que se sitúan varias instalaciones para albergar los

distintos tipos de residuos radiactivos, entre las que se encuentra la instalación HABOG (acrónimo neerlandés de Edificio para el Tratamiento y Almacenamiento de Residuos de Alta Actividad) que entró en funcionamiento en septiembre de 2003.

HABOG es una instalación diseñada para almacenar durante 100 años el combustible gastado proveniente de los reactores experimentales holandeses, residuos vitrificados encapsulados en bóvedas de hormigón y residuos de media actividad de distintos tipos en una nave de hormigón. La instalación está compuesta por una estructura paralelepipedica que puede prolongarse en el futuro para aumentar su capacidad de almacenamiento. Las dimensiones del edificio son 83 m. de largo, 54 m. de ancho y una altura de 20m.

Al tratarse de una instalación moderna que constituye una referencia muy importante para el caso español, se considera relevante reseñar el proceso de selección del emplazamiento, que fue establecido por el Gobierno y posteriormente aprobado por el Parlamento. En primer lugar, se seleccionaron los posibles emplazamientos, teniendo en cuenta criterios basados en la disponibilidad e infraestructuras adecuadas, industrialización de la zona y aceptación voluntaria por parte del municipio. Estos criterios fueron definidos por una Comisión de altos cargos públicos creada a tal fin, y el acercamiento a las autoridades locales se realizó conjuntamente por miembros de la Comisión, la Administración y COVRA. Con estos criterios, la Comisión seleccionó 12 potenciales emplazamientos.

Para poder trabajar con los municipios y facilitar las negociaciones, COVRA elaboró un estudio genérico de impacto ambiental de una instalación con las características proyectadas, con el objetivo de mostrar a las autoridades locales el posible impacto del proyecto. Como resultado, dos de los 12 municipios preseleccionados se mostraron eventualmente interesados en acoger la instalación. De ellos, COVRA seleccionó el área de Sloe, en el suroeste del país, por las condiciones económicas requeridas por el otro municipio y por la proximidad a la central nuclear de Borssele.

A lo largo de todo el proceso, cabe resaltar que la conflictividad social ha sido prácticamente nula en el país y, en particular, en el municipio seleccionado.

4.4. HUNGRÍA

Hungría dispone de cuatro reactores nucleares ubicados en el emplazamiento de Paks a unos 100 Km. al sur de Budapest. La política definida inicialmente por el Gobierno ha sido el envío a la antigua Unión Soviética del combustible irradiado para su reprocesado, no retornando al país los residuos generados en dicha operación.

Con motivo del desmembramiento de la Unión Soviética a finales de los años 1980, cesaron los envíos de combustible irradiado y se tomó la decisión de construir un almacén temporal en seco para albergar el combustible irradiado de las 4 unidades.

La instalación MVDS (Modular Vault Dry Store) de tipo bóveda entró en operación en 1997 con tres módulos de almacenamiento, construyéndose posteriormente ocho nuevos módulos. En la actualidad está ampliándose su capacidad mediante la construcción de nuevos módulos. Está diseñada para almacenar todo tipo de combustible gastado durante un periodo de 50 años.

4.5. REINO UNIDO

El Reino Unido dispone de 23 reactores nucleares en operación, los cuales generan un 20% de la electricidad del país. Al igual que Francia ha definido una política de reprocesamiento del combustible irradiado, disponiendo en la actualidad de una planta de reprocesamiento en Sellafield.

El complejo de Sellafield, similar al de La Hague en Francia, comprende, además de la planta de reprocesado, las piscinas de almacenamiento para el combustible irradiado y las instalaciones de almacenamiento para los residuos radiactivos resultantes de las operaciones de reprocesado, entre las que se encuentra una instalación tipo bóveda para el almacenamiento temporal de los residuos vitrificados de alta actividad.

Asimismo, existe otra instalación de almacenamiento en seco de tipo bóveda en el emplazamiento de la central nuclear de Wylfa, de un diseño similar a las instalaciones de Fort St. Vrain (EE.UU.) y Paks (Hungría), con una experiencia operacional superior a 30 años. Dicha instalación almacena el combustible gastado de los reactores ubicados en el emplazamiento y sirve además como colchón para almacenar combustible gastado de los reactores tipo Magnox. Dispone de licencia de operación hasta 2011.

5. CONCLUSIONES

- Con independencia de la opción del ciclo de combustible nuclear elegido en cada país, el almacenamiento temporal, bien del combustible gastado o de los residuos radiactivos de alta y media actividad generados en el reproceso, es una etapa necesaria.
- El almacenamiento temporal centralizado del combustible gastado supone una opción segura, económica y flexible que permite disponer de tiempo para analizar y

valorar la evolución de las condiciones que influyen en el proceso de toma de decisiones.

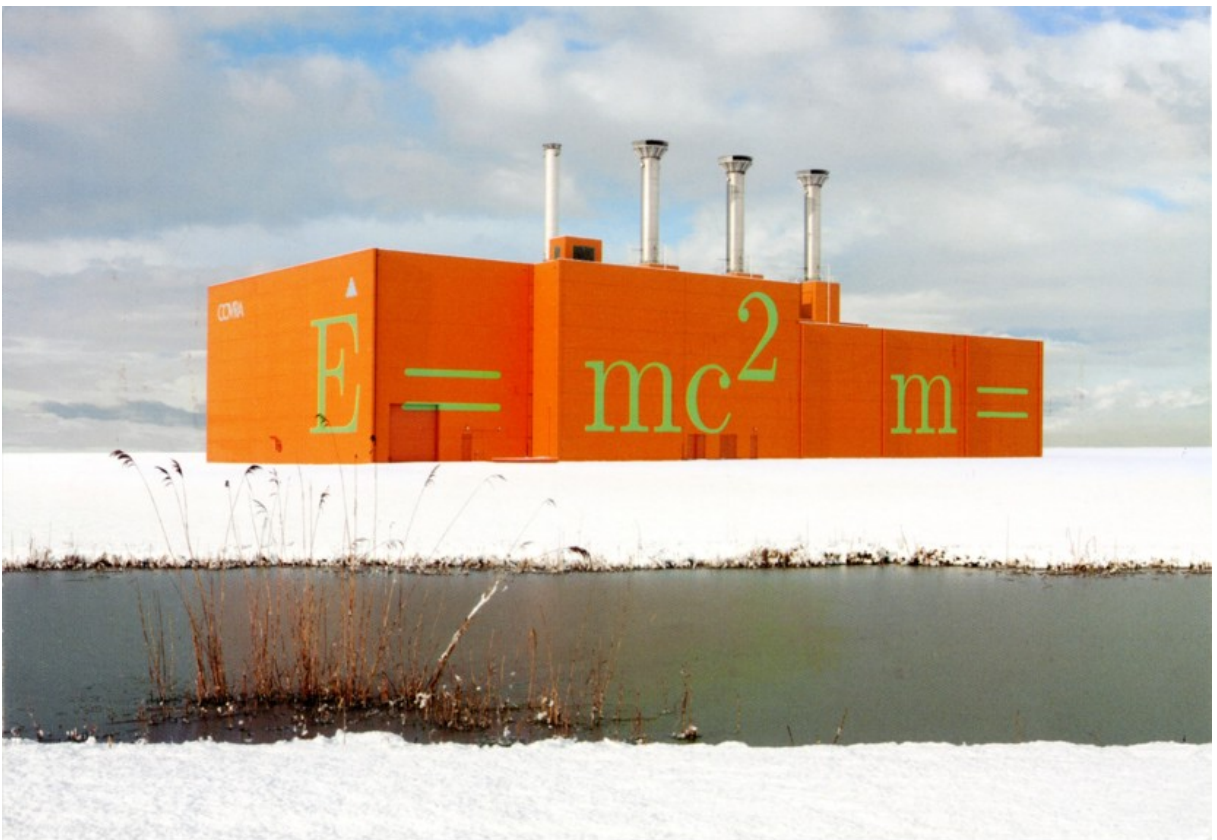
- Las tecnologías utilizadas para almacenamiento temporal de combustible gastado y residuos de media y alta actividad tienen una amplia y contrastada experiencia internacional, ya que están en operación múltiples instalaciones en todo el mundo.
- En términos generales, se puede afirmar que la mayor parte de las nuevas instalaciones, adicionales a las propias piscinas de las centrales, utilizan tecnologías de almacenamiento en seco y, para periodos de almacenamiento prolongados, la tendencia es elegir soluciones centralizadas.
- La tecnología seleccionada en España para el Almacén Temporal Centralizado, mediante el concepto de bóvedas, dispone de referencias de instalaciones similares licenciadas y con experiencia operativa contrastada, tanto en Estados Unidos como en Europa.

6. ILUSTRACIONES

A continuación se incluyen varias fotografías e ilustraciones de algunas de las instalaciones de almacenamiento centralizado de combustible gastado y/o residuos de alta actividad.



Instalación HABOG para almacenamiento de CG y RAA (Holanda)



Vista de la Instalación HABOG (Holanda)



Vista de la Instalación de ZWILAG para almacenamiento de CG y RAA (Suiza)



Instalación ZWILAG (Suiza)



Instalación en Gorleben para almacenamiento de CG (Alemania)



Instalación CLAB para almacenamiento de CG (Suecia)



Planta Sellafield (Reino Unido)



Bóveda para almacenamiento de RAA en La Hague (Francia)