

La gestión actual del combustible irradiado de la central nuclear José Cabrera

J. Blanco ⁽¹⁾, J. A. Gago ⁽²⁾, M. Martín ⁽³⁾, P. Díez ⁽¹⁾,
J. E. Martínez ⁽²⁾, M. Rivera ⁽²⁾, M. G^a Costilla ⁽¹⁾

El presente artículo presenta las principales actividades del proyecto de gestión del combustible irradiado de la central nuclear José Cabrera que se desarrollan en la actual fase previa al comienzo de su desmantelamiento.

El citado proyecto, que desde las perspectivas técnica y organizativa es complejo, tiene como objetivo principal extraer el combustible irradiado, junto con todos sus aditamentos, de la piscina ubicada en el edificio del reactor, para su traslado al Almacén Temporal Individual (ATI) que se ha construido y puesto en servicio en el propio emplazamiento. Para ello, ENRESA y UFG están realizando una amplia colección de actividades, entre las que se destacan singularmente el diseño, licenciamiento y fabricación de los distintos componentes del sistema de almacenamiento, modificaciones de mejora de la grúa del recinto de contención, la construcción y puesta en marcha del ATI, así como un significativo número de modificaciones de diseño necesarias para poder utilizar el sistema elegido en la central. En paralelo se ha completado el complicado proceso de Licenciamiento y de Autorizaciones, y se han cumplido otras regulaciones adicionales, como la Declaración de Impacto Ambiental, Permiso de tala, y Licencia municipal de obras. Tras las preceptivas apreciaciones favorables del CSN, el MITYC ha emitido a ENRESA y a UFG las correspondientes Autorizaciones, con sus respectivas Condiciones, para la puesta en marcha del ATI y la utilización del sistema de almacenamiento.

This article describes the main activities of the Jose Cabrera nuclear power plant irradiated fuel management project that are being carried out in the current phase prior to the beginning of dismantling.

The main purpose of this project, which is complex from a technical and organizational perspective, is to remove the irradiated fuel, together with all its accessories, from the pool located in the reactor building for transfer to the Temporary Individual Storage (ATI) that has been built and commissioned right on the site. For this purpose, ENRESA and UFG are carrying out a wide range of activities, including the design, licensing and manufacture of the different storage system components, modifications to improve the containment building crane, construction and startup of the ATI, as well as a significant number of design modifications required to use the selected system in the plant. In parallel, the complicated Licensing and Authorization process has been completed, and other additional regulations have been fulfilled, such as the Environmental Impact Statement, the cutting permit and the municipal works license. After the necessary favorable opinion of the CSN, the MITYC has issued to ENRESA and UFG the corresponding Permits, with their respective Conditions, for startup of the ATI and use of the storage system.

INTRODUCCIÓN

Tras el cese de la operación comercial de la central nuclear José Cabrera, se pusieron en marcha las actividades necesarias para iniciar el desmantelamiento de la instalación en la fecha seleccionada. La legislación española, en particular el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, establece, entre otros requisitos, que la concesión de la Autorización de Desmantelamiento está vinculada a la descarga del combustible del reactor y de la piscina de almacenamiento, o en su defecto, a la aprobación por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), previo informe favorable del Consejo de Seguridad

Nuclear (CSN), de un plan de gestión del combustible gastado.

El combustible irradiado de la CN José Cabrera se gestionará en esta fase mediante su almacenamiento temporal en los contenedores del Sistema de Almacenamiento en Seco HI-STORM 100Z de HOLTEC Internacional, seleccionado por ENRESA, los cuales se ubicarán en el Almacén Temporal Individualizado (ATI) construido por Unión Fenosa Generación, S.A. (UFG) en el propio emplazamiento de la central.

El Proyecto de Gestión del Combustible Irradiado de la CN José Cabrera tiene como objetivo principal extraer el

Atendiendo a la numeración, los autores de este artículo trabajan en las siguientes empresas:

(1) UNIÓN FENOSA GENERACIÓN, S.A.

(2) ENRESA

(3) SOCOIN

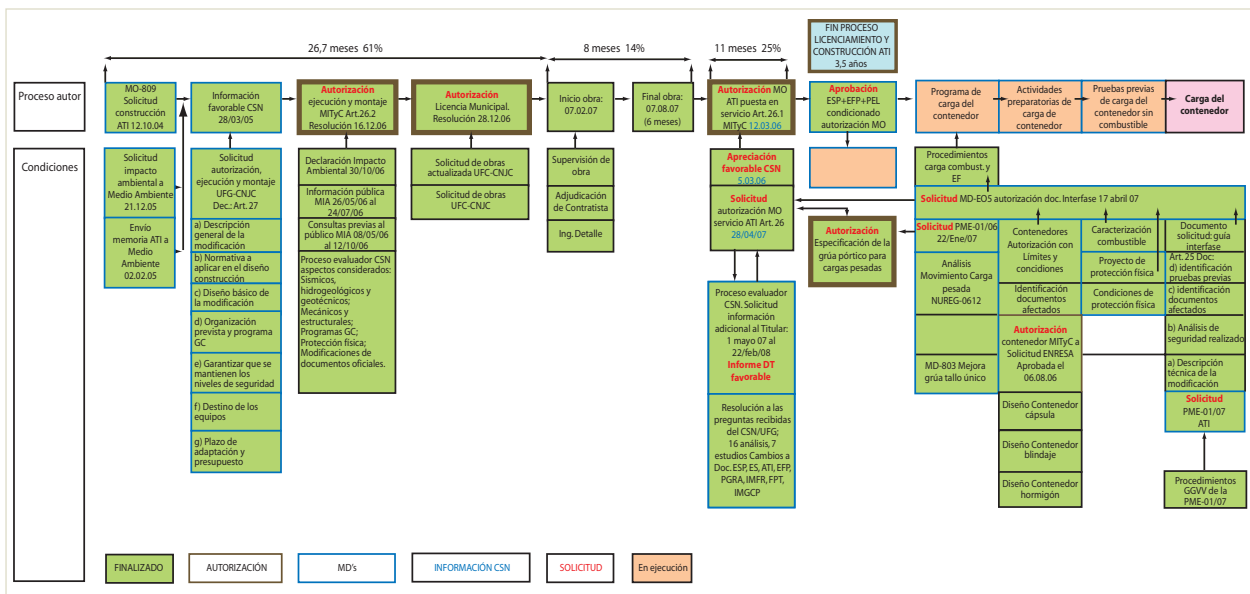
combustible irradiado, junto con todos sus aditamentos, de la piscina ubicada en el edificio del reactor, para su traslado al ATI en el Sistema de Almacenamiento seleccionado.

Para poder alcanzar este objetivo principal ENRESA y UFG están realizando una amplia colección de actividades, entre las que se destacan singularmente el diseño, licenciamiento y fabricación de los distintos componentes del sistema de almacenamiento, la modificación de mejora de la grúa del recinto de contención, la construcción del ATI, así como un significativo número de modificaciones de diseño necesarias para poder utilizar el sistema elegido en la central. En paralelo se ha completado el proceso de Licenciamiento de la instalación, y se han cumplido otras regulaciones adicionales, como la Declaración de Impacto Ambiental, Permiso de tala, y Licencia municipal de obras. Tras las preceptivas apreciaciones favorables del CSN, el MITYC ha emitido a ENRESA y a UFG las correspondientes Autorizaciones, con sus respectivas Condiciones, para la puesta en marcha del ATI y la utilización del sistema de almacenamiento

MARCO TEMPORAL Y DE LICENCIAMIENTO

La figura 1 presenta los pasos principales del proceso de Licenciamiento seguido:

El 19 de octubre de 2004, UFG presentó en el MITYC la solicitud de autorización de ejecución y montaje de la modificación de diseño para la construcción de una instalación para el almacenamiento temporal de combustible gastado en el emplazamiento. El 21 de diciembre de 2005, UFG presentó en el MITYC la solicitud para iniciar



El 26 de abril de 2007, UFG presentó en la DGPEM la solicitud de autorización de las modificaciones de diseño para la puesta en marcha del ATI y para la utilización del sistema de almacena-

El sistema de almacenamiento en seco HI-STORM 100 consta de tres componentes principales: una cápsula metálica (MPC), que aloja el combustible irradiado y sus aditamentos y constituye una barrera hermética de confinamiento; un módulo de almacenamiento (HI-STORM) en el que se introduce la

La MPC proporciona el confinamiento de los materiales radiactivos en el Sistema

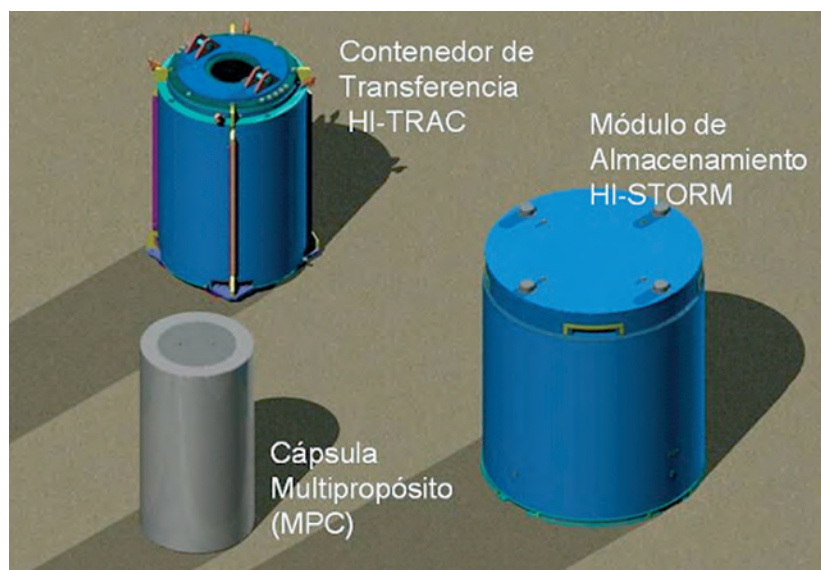


Figura 2. Componentes principales del sistema de almacenamiento.

HI-STORM 100. Su diseño garantiza la hermeticidad y el mantenimiento de la subcriticidad. El confinamiento se consigue sin válvulas, juntas ni sellos mecánicos.

La MPC-32Z es una estructura cilíndrica de acero inoxidable formada por un bastidor en forma de nido de abeja, una chapa de fondo, una virola, una tapa con una penetración de venteo y una penetración de drenaje, en la que va insertada la línea de drenaje. Cada penetración se cierra mediante un tapón que se cubre con una chapa de cubierta y finalmente un anillo de cierre. El bastidor está provisto de chapas con un absorbente neutrónico, formado por una aleación de aluminio y carburo de boro, fijadas a las paredes de las celdas de alojamiento del combustible.

El volumen libre de la MPC se hace inerte con gas helio del 99,99 % de pureza que asegura la adecuada transferencia de calor durante el almacenamiento y una atmósfera inerte necesaria para la integridad del combustible a largo plazo.

Módulo de almacenamiento (HI-STORM 100Z)

El módulo suministra protección estructural y blindaje biológico a la barrera de confinamiento de la MPC durante su periodo de almacenamiento en seco. Sus materiales constituyentes básicos son acero al carbono y hormigón. El acero proporciona la principal función estructural y el hormigón la de blindaje.

El módulo de almacenamiento es un recipiente cilíndrico constituido por dos virolas concéntricas de acero al carbono y conectadas entre sí por nervios radiales, cuyo espacio anular se rellena con hormigón de alta densidad. Consta asimismo de un grueso fondo de acero y una tapa rellena con hormigón de densidad normal.

Está equipado con grandes aberturas cerca de sus extremos superior e inferior para permitir la circulación natural del aire que proporciona el enfriamiento pasivo de la MPC cargada. Estas aberturas constan de rejillas metálicas que proporcionan un efecto de blindaje al dispersar la radiación, y se han diseñado para no incrementar apenas la resistencia al flujo de aire en las entradas y salidas.

Contenedor de transferencia (HI-TRAC 100Z)

El contenedor de transferencia suministra blindaje biológico y capacidad de manejo a la barrera de confinamiento de la cápsula durante las operaciones de su cierre y transferencia. Sus materiales básicos son acero al carbono, plomo y agua. La principal función estructural del contenedor de transferencia la pro-

porciona el acero, y las principales funciones de blindaje neutrónico y gamma las proporcionan el agua contenida en la camisa de agua, y el plomo de las paredes y tapa de piscina, respectivamente. El acero complementa el blindaje gamma de plomo.

El contenedor de transferencia es un recipiente cilíndrico constituido por dos virolas de acero entre las cuales se ha introducido un blindaje de plomo, que se puede manipular vertical u horizontalmente. Consta además de una tapa superior, una tapa inferior extraíble (tapa de piscina) y de unas camisas laterales de agua que sirven de blindaje adicional. Se ha diseñado para alojar la MPC durante la carga y descarga de combustible y durante su transferencia desde la piscina al módulo de almacenamiento. También se utiliza para transferir la MPC al contenedor de transporte.

Además de proporcionar blindaje en la dirección axial, la tapa de piscina incorpora un sello diseñado para mantener agua desmineralizada limpia en el espacio anular y evitar la entrada de agua de la piscina de combustible que podría contaminar la virola exterior de la MPC. La tapa de piscina permanece fija con pernos al contenedor hasta las operaciones de transferencia.

El contenedor de transferencia se mueve verticalmente mediante un conjunto de puntos de izado que forman parte integral de los nervios radiales soldados a las virolas, o desde el par de puntos de elevación dispuestos en la tapa superior. Los puntos de izado de la tapa superior están soldados a la tapa, que a su vez se une mediante pernos al cuerpo del contenedor. También es posible rotar el contenedor de transferencia a una posición horizontal, y viceversa, mediante los puntos de izado de la tapa superior y una estructura/base de rotación.

El contenedor de transferencia dispone de tomas de agua para establecer un caudal de refrigeración auxiliar a través del espacio anular mientras el HI-TRAC circula en posición horizontal. Esto obedece a que determinadas combinaciones de elementos combustibles pueden conducir a cargas térmicas elevadas que impondrían unos límites de tiempo máximos de permanencia en horizontal, a partir de los cuales sería necesario iniciar el caudal de refrigeración auxiliar para garantizar que la temperatura del combustible se mantiene por debajo de los límites establecidos para estas operaciones de corta duración.

Equipos auxiliares

Para llevar a cabo las diferentes operaciones de carga, descarga y transfe-

ncia, que se describen brevemente más adelante, es necesario un amplio conjunto de equipos auxiliares, entre los que cabe destacar:

- Sistema automatizado de soldadura utilizado para la soldadura remota en campo de la tapa y el anillo de cierre de la MPC.

- Sistema de utillaje multipropósito para la instalación de componentes (tapa del módulo de almacenamiento, dispositivo de acoplamiento, MPC vacía, etcétera).

- Abrazaderas de izado del módulo de almacenamiento para conectar el dispositivo principal de elevación a la tapa del módulo para su manejo.

- Yugo de izado del contenedor de transferencia para conectar el dispositivo principal de elevación al contenedor para su manejo en la piscina.

- Base/estructura de rotación del contenedor de transferencia utilizado, junto al dispositivo principal de elevación, para realizar el volteo del contenedor de transferencia. La base y la estructura de rotación se emplean conjuntamente para rotar el contenedor de una orientación vertical a una horizontal y viceversa.

- Sello hinchable del espacio anular para impedir que el agua de la piscina de combustible gastado contamine las superficies de la virola externa y del fondo de la MPC durante las operaciones en la piscina.

- Asas de izado de la MPC: dispositivo de elevación estructural formado por las orejetas y equipos de sujeción. Las orejetas son componentes macizos de acero que no contienen soldaduras. Las asas de izado de la cápsula sirven para soportar la cápsula durante su transferencia del contenedor de transferencia al interior del módulo de almacenamiento y viceversa.

- Sistema de prueba de presión. Se utiliza para la prueba de presión de la soldadura de la tapa a la virola de la MPC.

- Dispositivo de acoplamiento para acoplar el contenedor de transferencia al módulo de almacenamiento y para blindar durante las operaciones de transferencia. Incluye una bandeja deslizante que se utiliza para retirar la tapa de piscina del contenedor de transferencia.

- Sistema de semi-automatizado de eliminación de la soldadura de la MPC en campo como soporte de las operaciones de descarga.

- Conectores de venteo y drenaje para acceder a las penetraciones de venteo y drenaje y permitir que estas penetraciones operen como válvulas.

- Viga de reparto del contenedor de transferencia, dispositivo de izado que se emplea para conectar un dispositivo principal de elevación al contenedor de

transferencia para el manejo del mismo.

- Deshidratador por Convección Forzada de Helio (DCFH), equipo que se utiliza para eliminar la humedad remanente en la cavidad de la MPC una vez que se ha evacuado todo el agua que se puede eliminar de modo práctico a través de la línea de drenaje. También se utiliza para llenar la MPC de helio de alta pureza.

- Sistema de bombeo multifunción para llenar la MPC con agua de la piscina de combustible gastado, para bombear un pequeño volumen de agua antes de soldar la tapa y para circular agua a través de la cápsula.

- Sistema de sobrepresión del espacio anular para proteger las superficies de la virola externa y fondo de la MPC frente a la contaminación del agua de la piscina de combustible gastado al proporcionar una ligera sobrepresión del espacio anular durante las operaciones en la piscina.

- Sistema de muestreo del gas de la cavidad interior de la MPC antes de la retirada de la tapa durante las operaciones de descarga.

- Sistema de prueba de fugas de helio de las soldaduras de confinamiento de las chapas de cubierta de las penetraciones de venteo y drenaje.

- Sistema de detección de gases combustibles antes y durante la soldadura de la tapa de la MPC.

- Contenedor de Combustible Dañado (CCD) diseñado para encapsular un elemento de combustible dañado previamente a su carga en la MPC.

- Blindajes auxiliares específicos para las diferentes operaciones con los distintos equipos del sistema.

Traslado de contenedores

El traslado de los contenedores en la central se realiza con los siguientes equipos:

- Plataforma de transferencia del HI-TRAC.

Es un vehículo de bajo perfil en el que se apoya, en posición horizontal, el contenedor de transferencia. Dispone de los elementos adecuados para permitir el volteo del HI-TRAC. El movimiento se realiza sobre colchones de aire que generan una fina película de aire que permite maniobrar y dirigir la plataforma sin apenas rozamiento. Exige unas características de horizontalidad, planitud e impermeabilidad del suelo muy estrictas.

- Vehículo de traslado de contenedores.

Es un vehículo tipo oruga con dos torres hidráulicas, una viga transversal y utillaje adecuado para suspender, elevar, descender y trasladar el contenedor de transferencia y los módulos de almacenamiento, así como para transferir la



Figura 3. Vehículo de traslado de contenedores en vertical.



Figura 4. Plataforma de transferencia del HI-TRAC en las instalaciones de ENSA.

MPC entre el contenedor de transferencia y el módulo de almacenamiento o el de transporte.

Las figuras 3 y 4 muestran los dispositivos que se emplean para el traslado y transferencia de los contenedores.

Operaciones

A continuación se describen brevemente las operaciones necesarias para la carga de un contenedor, desde la preparación inicial hasta la colocación del módulo de almacenamiento en su posición del ATI.

En el exterior de la central se introduce una MPC vacía en el HI-TRAC y, con el vehículo de traslado, se voltea sobre la plataforma de transferencia. Se conduce hasta el hueco de equipos del edificio del reactor, donde con ayuda de la viga de reparto se iza a la zona de preparación, en la cota superior del edificio del reactor. Una vez allí, el espacio anular entre el HI-TRAC y la MPC se llena con agua desmineralizada y se instala el sello hinchable anular.

Con el yugo de izado instalado en el gancho principal de la grúa, el conjunto HI-TRAC/MPC se descende al área designada de la piscina de combustible. Posteriormente, se cargan los elementos combustibles en la MPC siguiendo un plan de carga preestablecido. Mientras el conjunto continúa sumergido, se instala la tapa de la MPC, que lleva enroscada la línea de drenaje. A continuación, y mediante el yugo de izado, se iza el conjunto cargado a la zona de preparación y se inician las actividades de descontaminación. Se retira el sello hinchable del espacio anular, se descende ligeramente el nivel del espacio anular, así como el nivel de agua de la MPC, y se inicia el proceso de soldadura de la tapa. Se efectúan ensayos por líquidos penetrantes en la pasada raíz, en una pasada intermedia, y en la última pasada, y se realiza una prueba hidrostática.

A continuación se inicia el drenaje de la MPC y el secado mediante el DCFH. Durante este proceso, la circulación de

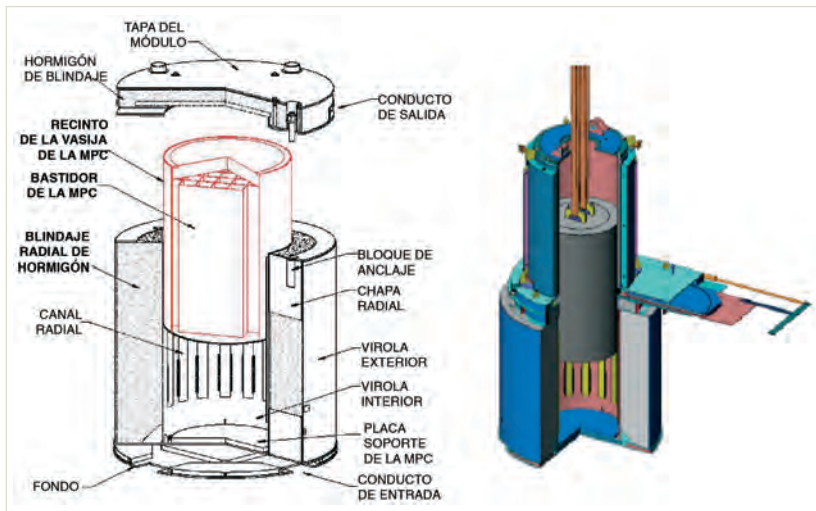


Figura 5. Disposición de la MPC en el HI-STORM y operación de transferencia.

gas caliente y seco absorbe la humedad de la cavidad de la MPC, la cual se elimina en un condensador. Una vez alcanzados los criterios de secado, se llena la cápsula con la cantidad estipulada de helio. Se instalan las chapas de cubierta sobre las penetraciones de venteo y drenaje de la MPC, se sueldan, se realizan ensayos de líquidos penetrantes, se efectúa una prueba de fuga de helio para asegurarse de que se cumplen los criterios de estanqueidad establecidos, y finalmente se coloca y se suelda el anillo de cierre. Se comprueban las soldaduras con ayuda de líquidos penetrantes y se instala la tapa del HI-TRAC.

Se desciende el HI-TRAC con la MPC sellada por el hueco de equipos. Mediante la base de rotación, se voltea a la posición horizontal sobre la plataforma de transferencia. Se conduce ésta a través del edificio del reactor y auxiliar al exterior, donde se voltea a la posición vertical de nuevo mediante el vehículo de traslado, y, tras retirar la base de rotación, se traslada hacia el foso de transferencia, donde se ha colocado previamente un módulo de almacenamiento sin su tapa, y con el dispositivo de acoplamiento ubicado en la

parte superior del módulo. Se constituye la configuración de apilamiento, que consiste en que el módulo de almacenamiento sin tapa soporta el dispositivo de acoplamiento, y sobre él se apoya el HI-TRAC con la MPC cargada en su interior. Tras instalar las asas de izado y las eslingas correspondientes, se eleva ligeramente la MPC, se aflojan los pernos de la tapa de piscina, y se retira mediante el dispositivo de acoplamiento. Con las torres hidráulicas del vehículo de traslado, se efectúa la transferencia, bajando la MPC hasta que se apoye en el fondo del HI-STORM (Figura 5). Se desconectan las eslingas, se retira el HI-TRAC, se retiran las asas de izado de la MPC, y se instala la tapa del HI-STORM. Finalmente, se instalan las abrazaderas de izado del HI-STORM, y se extrae éste del foso de transferencia y, tras un cambio de eslingas, se transfiere a su posición en la losa de apoyo de contenedores del ATI.

LA CONSTRUCCIÓN DEL ATI

El ATI constituye el nuevo sistema de almacenamiento de combustible de la central, se ha construido en la zona sur

del emplazamiento en una terraza natural del río Tajo. El ATI está físicamente comunicado con la Central a través de un vial reforzado de nueva construcción que permite el traslado de los contenedores a y desde el ATI mediante el vehículo de traslado de contenedores. Dispone también de conexiones eléctricas a los sistemas de alimentación de la central. La instalación de almacenamiento (ver Figura 6) está constituida principalmente por un Área de almacenamiento, los Vallados y el Vial de acceso.

Área de almacenamiento

El componente principal de la instalación es la losa de apoyo de contenedores, de hormigón armado de aproximadamente 40 m de largo por 11 m de ancho y más de 60 cm de espesor sobre la que se apoyarán verticalmente, sin anclaje, los contenedores de almacenamiento en una disposición regular de dos filas de 8 módulos con separación entre ejes de los mismos de casi 5 m.

La armadura de la losa está formada por dos armaduras horizontales con los bordes reforzados con angulares metálicos. La estructura cumple estrictos requisitos de resistencia a compresión máxima del hormigón y al límite elástico del acero.

La losa se asienta sobre suelo especialmente preparado y compactado al 95 % P.M. de al menos 1 m de espesor, con unos determinados requisitos de módulo de elasticidad.

Alrededor de la losa de cimentación, se ha construido un pavimento de hormigón armado de 40 cm de espesor hasta la valla de delimitación, sobre el que se han instalado los focos del sistema de iluminación del ATI.

Dentro del área de almacenamiento también se ha construido un foso de transferencia, constituido por una estructura de planta cuadrada de aproximadamente 5 m de lado y profundidad para la transferencia de la cápsula de combustible (MPC) entre el contenedor



Figura 6. Ubicación de la Instalación de almacenamiento.



Figura 7. Componentes del ATI de la Central Nuclear José Cabrera.

de transferencia HI-TRAC y los módulos del sistema HI-STORM 100Z y el contenedor de transporte HI-STAR. En sentido axial, la sección es variable para ajustarse a la geometría de los dispositivos.

Vallados

El sistema de vallado del ATI está compuesto por:

- Un vallado exterior para delimitar la Zona Vigilada de la instalación que incluye el área de construcción y el área de almacenamiento. Fuera del recinto delimitado por este vallado existirán las condiciones radiológicas propias de una Zona de Libre Acceso. El área de construcción es una explanada de hormigón armado, al este de la instalación, y alberga un almacén de utillaje, equipo auxiliar y herramientas del sistema de almacenamiento.
- Un vallado doble de seguridad física, interior al antes detallado, que delimita la Zona Controlada (que incluye el área de almacenamiento), formado por dos vallas altas de delimitación exterior y de protección física, dispuestas en paralelo y dejando un pasillo entre ellas.
- El Centro de Control de Seguridad integrado en el lado este del doble vallado, junto al vial de acceso a la instalación equipado con los sistemas de instalación eléctrica segura e iluminación, abastecimiento y saneamiento de aguas, climatización, protección contra incendios, sistema de comunicaciones y pupitres de control de los sistemas de acceso y vigilancia.

El ATI dispone de sistemas de protección física activos y pasivos que garantizan la adecuada protección del material almacenado.

Vial de acceso

El acceso a la instalación de almacenamiento se realiza a través de un vial de nueva construcción. Para el diseño del vial se han considerado como criterios básicos: un radio de giro mínimo de 20 m (a eje) y una pendiente máxima del 10%. Además, teniendo en cuenta el peso de los contenedores y el tipo de vehículo de traslado que se va a utilizar se ha adoptado una solución de firme rígido de hormigón armado de 40 cm de espesor y 8 m de ancho. Sobre el arcén izquierdo (según se sube al ATI) se han instalado las farolas del sistema de iluminación.

Otros elementos

Adicionalmente a las estructuras anteriores, se ha incorporado al almacén un foso de transferencia de contenedores

auxiliar en la cota 604 al sur del edificio del reactor y una red de tierras para servicio de las instalaciones eléctricas del ATI y de los propios contenedores.

La figura 7 muestra los diferentes constituyentes de la instalación.

Principales aspectos de diseño del ATI

La losa se ha diseñado para soportar las cargas de terremotos. Como sismo base de diseño se ha utilizado el input sísmico de la Guía Reguladora 1.60 de la US-NRC escalado a una aceleración máxima horizontal de 0,25 g, de acuerdo con el 10 CFR 72.103. Los análisis estructural y de interacción suelo-estructura confirman la capacidad de la losa. Se ha comprobado también la estabilidad de los taludes existentes en las proximidades.

En cuanto a la protección radiológica, el ATI se ha diseñado con objeto de limitar la tasa de dosis a los trabajadores y al público. Esto se consigue mediante:

- La adecuada disposición del vallado de protección radiológica, estableciendo una distancia mínima a la losa donde descansan los módulos de almacenamiento HI-STORM, teniendo como criterio una tasa de dosis 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ fuera de dicho vallado.
- Establecimiento de zonas de radiación, con el consiguiente control de accesos.
- Un diseño del sistema de almacenamiento para acomodar un número máximo de elementos de combustible con el fin de conseguir que el número de contenedores que se deben manejar y almacenar en la instalación de almacenamiento y transportar posteriormente fuera de ésta, sea el menor posible.

- Un diseño del sistema de almacenamiento que requiere una vigilancia limitada, lo que reduce la exposición ocupacional, y permite una ubicación (paso) cercana de los módulos sobre la losa de almacenamiento que aumenta el autoblandaje del ATI mediante la reducción de los factores de vista.
- La construcción de un foso de transferencia auxiliar en las proximidades del edificio auxiliar que evita el traslado del contenedor de transferencia al ATI.
- Superficies de equipos y estructuras fácilmente descontaminables.
- Un mantenimiento mínimo, particularmente durante los años posteriores a la carga inicial, con el fin de reducir las dosis durante el almacenamiento.

Se han resuelto las interferencias con instalaciones existentes, entre las que cabe destacar los retranqueos de una línea de 15 kV de una línea de telemando de Producción Hidráulica de UFG y la rotura del vallado de seguridad física para instalar puertas de acceso para permitir la conexión de la central con el nuevo vial.

Otras actividades relevantes

A continuación se presentan otras actividades y modificaciones relevantes.

Mejora de la Grúa del Recinto de Contención

Como consecuencia de la necesidad de cargar el combustible en los contenedores del sistema de almacenamiento en seco, hubo de mejorar la grúa para que cumpliera con el criterio de fallo único establecido en el NUREG-0554 y en el Apéndice C del NUREG-0612, para una carga crítica máxima de 70 toneladas.



Figura 8. Módulos de almacenamiento hormigonados.

Del análisis realizado se derivó la necesidad de sustituir el carro existente por uno nuevo, lo cual se llevó a cabo entre junio y noviembre de 2006. El carro antiguo fue desguazado y retirado de la cota 621 a finales de 2007.

Adicionalmente, en el verano de 2008 se han sustituido chapas de la estructura del puente grúa en las que se habían detectado defectos de origen del material base.

Finalmente, se han realizado mejoras adicionales de los sistemas de control de la grúa para aumentar aún más su fiabilidad.

Hormigonado de los módulos de almacenamiento

A finales de 2007 se procedió al hormigonado de los contenedores de almacenamiento cumpliendo los requisitos del hormigón de blindaje del espacio anular de los módulos. Estos requisitos, tomados de la norma ACI de hormigón no armado, se refieren principalmente a las características del cemento, tipo y tamaño del árido, calidad del agua, proporción agua cemento, empleo de aditivos, coeficiente de dilatación térmica, densidad y resistencia a la compresión.

Acondicionamiento del suelo por el que transcurrirá la plataforma de transferencia

Para que el sistema de colchones de aire incorporado en el diseño de la plataforma de transferencia funcione adecuadamente, se requiere que el suelo por el que transcurre la plataforma cumpla unos requisitos de planitud, horizontalidad, rugosidad e impermeabilidad muy estrictos. Una complejidad adicional se presenta durante el movimiento en el edificio del reactor, en particular el paso a través de la esclusa, que presenta muy poco margen geométrico.

A falta de concluir las pruebas finales sobre varias alternativas estudiadas, el acondicionamiento previsto del suelo consistirá en la construcción de una pista de mortero autonivelante sobre el que se aplicará un tratamiento superficial adecuado para el funcionamiento de los colchones y que además no los erosione. En la zona de barrido de la puerta de la esclusa se aplicará una leve capa de mortero sobre el que se apoyarán unas pistas desmontables.

Caracterización del combustible

Los elementos combustibles a cargar en los contenedores del sistema de almacenamiento en seco se deben haber caracterizado previamente. Esta caracterización se realiza según la metodología de la USNRC ISG-1 y determina si los elementos combustibles están intactos o dañados.

Protección del revestimiento del foso de combustible irradiado

Inicialmente estaba previsto realizar la carga del contenedor en el pocete de la piscina. Con objeto de mejorar los márgenes y reducir los riesgos de daño al revestimiento de la piscina, se ha delimitado una nueva zona de carga en la piscina en la posición ocupada anteriormente por dos bastidores. Para ello, se reubicó el combustible de la piscina, se liberaron dos bastidores y se extrajeron. Se instaló en el fondo una plataforma niveladora para apoyo del contenedor.

Eliminación de interferencias en el edificio auxiliar

Para la circulación de la plataforma de transferencia por el edificio auxiliar ha sido necesario eliminar interferencias físicas, como un riel de la puerta contraincendios, retranquear y desplazar una válvula de una línea de agua de protección contraincendios, modificar algunos soportes de tuberías y recortar algunas estructuras metálicas.

Servicios en la cota 621 para preparación de contenedores

Esta intervención consiste en instalar una zona de servicios con tomas de agua desmineralizada, agua borada de la piscina, aire comprimido, tomas de drenaje y tomas de venteo para suministro próximo a la zona de preparación de contenedores. También se ha adaptado un cuadro de suministro eléctrico para conexión de equipos.

Apeo de la viga B-19 del edificio del reactor

Como consecuencia de la revisión del análisis estructural del edificio del reactor y auxiliar, con objeto de mantener los márgenes estructurales, se ha reforzado una viga que soporta la losa del edificio del reactor mediante su apeo.

PRUEBAS PREOPERACIONALES

Como parte de los condicionados de la aprobación del sistema de almacenamiento en seco del combustible, UFG está realizando un conjunto de pruebas preoperacionales de la carga, cierre, manejo, descarga, y transferencia del sistema de almacenamiento HI-STORM 100. Las pruebas se realizarán sin combustible en la MPC y como mínimo se realizan los siguientes pasos:

- Movimiento de la MPC y el HI-TRAC a la piscina de combustible gastado.
- Preparación del sistema para la carga del combustible.
- Selección y verificación de los elementos combustibles.
- Carga de elementos combustibles

específicos en la MPC por medio de réplicas, incluyendo una verificación independiente adecuada.

e) Instalación a distancia de la MPC y extracción del HI-TRAC de la piscina.

f) Realización de las soldaduras de la MPC, ensayos no destructivos, prueba hidrostática, drenaje, eliminación de la humedad con el DCFH y llenado con helio. Para estos ensayos se puede usar un modelo o réplica.

g) Operación del sistema de refrigeración auxiliar.

h) Movimiento y traslado del HI-TRAC en su recorrido habitual empleando los sistemas de izado y manipulación necesarios.

i) Transferencia de la MPC al módulo de almacenamiento.

j) Traslado del HI-STORM cargado a la losa de almacenamiento.

k) Descarga del sistema de almacenamiento HI-STORM, incluyendo la refrigeración del combustible, inundación de la cavidad de la MPC, y retirada de las soldaduras de la tapa de la MPC. Para estos ensayos se puede usar un modelo o réplica.

CONCLUSIONES Y LECCIONES APRENDIDAS

Si bien el proyecto está aún en marcha, pueden recogerse unas breves conclusiones y lecciones aprendidas.

En primer lugar se destaca que el proyecto es técnicamente complejo. No sólo por la cantidad de elementos novedosos y disciplinas diferentes que engloba, sino también por las numerosas interfases entre muchas de las actividades que hay en marcha en una central en parada definitiva y preparándose para el desmantelamiento.

En segundo lugar, el proceso de autorizaciones es largo y complicado, porque implica no sólo al CSN y MITyC, sino también a otros entes de las administraciones estatales, autonómicas y locales.

En tercer lugar, existen numerosas interfases con todos los participantes en el proyecto (empresa eléctrica, EN-RESA, diseñadores y suministradores de los equipos, organismo regulador, administraciones, etcétera) que exigen un esfuerzo de coordinación y comunicación muy importante para garantizar un desarrollo satisfactorio del proyecto.

Finalmente, se destaca que la gestión del combustible requiere una cantidad significativa de recursos en todas las fases del proyecto. La realización de actividades durante la fase de explotación, podría optimizar la gestión de recursos y la planificación de los trabajos en la fase previa al desmantelamiento. ■