

ELIMINACIÓN DE DEPÓSITOS EN INTERIOR DE TORRES DE TIRO NATURAL



ANTONIO MARTÍNEZ PULGARÍN
Director de Servicios de Operación y Mantenimiento
GDES



JOAN ROMEU ALFONSO
Técnico de Proyecto
GDES



GUMERSINDO VERDÚ COMPANYY
Técnico de Proyecto
GDES

ANTECEDENTES

Durante el Ciclo 21 de operación de la central nuclear de Cofrentes se evidenció una menor eficiencia de las torres de refrigeración de tiro natural del Sistema N71. Un estudio posterior confirmó que el sistema de distribución de agua dentro de las torres estaba en mayor o menor medida cubierto por placas de carbonato cálcico que provocaban la obstrucción de los dispersores.

El alcance principal del proyecto consistió en desincrustar y retirar toda la suciedad (principalmente carbonato cálcico) depositada y/o adherida en el sistema de distribución de agua interior de las dos Torres del N71 (N71DD104A "Torre Este" / N71DD104B "Torre Oeste").

El objeto del presente artículo es describir lo acontecido en los trabajos de "Eliminación de depósitos en el interior de las Torres de tiro natural del N71" durante la Recarga 22 en la central nuclear de Cofrentes, indicando las actividades ejecutadas y emergentes, las horas-persona empleadas, los procedimientos aplicados y las propuestas de mejora.

El proyecto consta de dos fases:

- Una **primera fase** de desarrollo de un procedimiento específico y cualificación de este, donde se realizaron las siguientes actividades:
 - Diseño de la solución técnica de eliminación de depósitos en el interior de las tuberías.
 - Diseño y fabricación de una maqueta a escala 1:1 de las tuberías principales y dispersores.
 - Pruebas en maqueta y con la torre en funcionamiento.
 - Cualificación del equipo y del procedimiento.

- y una **segunda fase** de puesta en obra y ejecución de la solución que se validó en la fase anterior, donde se realizaron las siguientes actividades:

- Actividades preparatorias y de apoyo.
 - Desmontaje parcial de separadores de gotas.
 - Instalación de planchas de protección para los relleños.
 - Instalación de medios auxiliares: líneas de vida, iluminación y cuadro eléctricos.
- Limpieza interior, exterior y desobstrucción de los dispersores.
- Limpieza interior y exterior de las tuberías de PVC DN250.
- Limpieza interior de las artesas.
- Retirada y gestión de todos los residuos.

FASE DE DESARROLLO Y VALIDACIÓN

Un proyecto de este tipo debe comenzar con la definición de una solución técnica que permita elaborar una propuesta eficaz. Para ello se llevó a cabo una investigación detallada por el personal de IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR con el equipo en operación. Disponer de una caracterización *ad hoc* de calidad ha sido una de las claves del éxito de este proyecto. Otro de los factores de éxito ha sido contar con el tiempo necesario para realizar este desarrollo y determinar el proceso previo a su puesta en obra; un proyecto de esta envergadura, en un espacio de tiempo restringido



Figura 1. Distintas imágenes de la fase de validación.

como es una recarga de combustible, requiere de alta preparación y control.

Con toda la información suministrada por IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR, el equipo técnico de GDES, tomando como referencia experiencias previas, elaboró un listado de posibles soluciones técnicas, ampliando el detalle técnico de cada una en diferentes fases, según se superaban distintas etapas de evaluación previa.

Se diseñó una maqueta de una sección típica de la torre en escala 1:1 con objeto de validar la solución acordada, así como para determinar los parámetros de operación y los tiempos necesarios. Esta maqueta contenía las partes esenciales: artesa, tubería de PVC DN250 y dispersores reales.

Al igual que durante la realización de todo el proyecto, para la creación de esta maqueta fue imprescindible la colaboración del personal de IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR, conocedor del sistema y de la causística que se puede encontrar en el mismo.

Para la validación última de las soluciones finalistas, así como para determinar los parámetros de operación y los tiempos necesarios, se creó una maqueta de una sección típica de la torre en escala 1:1. Esta maqueta contenía las partes esenciales: artesa, tubería de PVC DN250 y dispersores reales.

En la Figura 1 mostramos diferentes capturas de la fase de validación. Sobre la maqueta se testaron las distintas soluciones planteadas hasta reducir su número e ir afinando los parámetros más significativos. Y, tras afinar el proceso, se testó también en las propias torres en funcionamiento sobre el residuo a desincrustar.

Para las pruebas en las torres en funcionamiento, se crearon unos útiles específicos para aislar la tubería donde ejecutar el test. Con la ayuda del Departamento de Inspección de la central nuclear de Cofrentes se colocaron los útiles, se aisló la tubería y finalmente se realizaron pruebas reales en las mismas.

Con todos los datos obtenidos se plantearon distintos escenarios barajando la posibilidad de aprovechar los útiles de taponado para realizar las limpiezas con las torres en funcionamiento. Se determinó que la mejor manera de limpiar los dispersores era desmontándolos, facilitando de esta manera la limpieza de las tuberías. Por todo esto, junto

con la magnitud del proyecto y la proximidad de la recarga, se decidió (por rendimiento, seguridad y efectividad) realizar los trabajos para la eliminación de depósitos con las torres paradas.

Finalmente, y para optimizar el procedimiento que mejores resultados dio en las pruebas, se concluyó que la medida más eficiente era una tobera rotativa fabricada a medida en función de las dimensiones y características del problema. Se consiguió el material necesario y se validó el método, así como los rendimientos, pudiendo así planificar la operación para realizarla dentro del tiempo previsto de parada por recarga.

FASE DE EJECUCIÓN

El alcance principal consistió en desincrustar y retirar todas las incrustaciones (principalmente carbonato cálcico) depositadas y/o adheridas en el sistema de distribución de agua interior de las dos Torres del N71 (N71DD104A "Torre Este" / N71DD104B "Torre Oeste").

Un esquema de la torre, con la sectorización interior empleada para el correcto seguimiento del presente documento, se presenta en la (Figura 2).

Las actividades ejecutadas fueron:

- Actividades preparatorias y de apoyo.
 - Desmontaje parcial de separadores de gotas.
 - Instalación de líneas de vida.
 - Instalación de iluminación y cuadro eléctricos.
 - Instalación de planchas de protección para los rellenos.

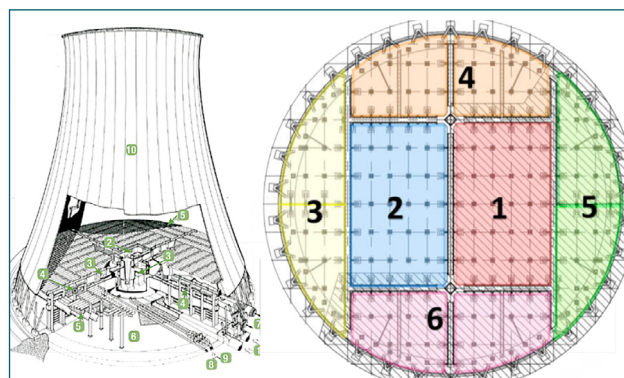


Figura 2. Sectorización interior de la Torre.

- Limpieza interior, exterior y desobstrucción de los dispersores en un total de 12.500 unidades.
- Limpieza interior de las tuberías de PVC DN250 en un total de 9.859 m.
- Limpieza exterior de las tuberías de PVC DN250 en un total de 9.859 m.
- Limpieza interior de las artesas en un total de 822 m.
- Retirada y gestión de todos los residuos depositados en el fondo de las artesas.
- Limpieza de los separadores de gotas de todos los sectores.
- Limpieza del relleno bajo todos los sectores.
- Limpieza de pasarelas.
- Reparación de barandillas y rodapiés de las pasarelas.
- Reparación de las juntas de goma de las tuberías de PVC DN250 mm.
- Reparación de los tubos de los dispersores embebidos en las artesas.
- Retirada de los paquetes de relleno obsoletos del interior de las balsas.

Para poder describir adecuadamente estas actividades las podemos agrupar según las diferentes fases de la ejecución.

IMPLANTACIÓN EXTERIOR

Las Figuras 3 y 4 muestran distintos momentos de la implantación de los equipos en el exterior de las torres.

Los siguientes equipos se implantaron en el exterior de la torre.

- Equipos de izado y manutención:
 - Grúa 70 Tm.
 - 2 plataformas elevadoras de tijera de 15 m.
 - Carretilla elevadora.
 - Camión pluma.
 - Equipo con pala pequeño: Gehl®.
 - Equipo con pala grande: Manitou®.
- Equipos de limpieza:
 - 3 camiones mixtos o grupos hidrodinámicos
- Equipos auxiliares:
 - Cisterna de agua de 17 m3.
 - Balsa de agua de 200 m3.
 - 2 bombas de trasvase de agua.
 - Mangueras de suministro de agua.
 - Contenedores de residuos.
 - Iluminación

Uno de los retos de esta obra ha sido **optimizar el consumo de agua previsto para la eliminación de las incrustaciones y la necesidad de un suministro continuo del mismo**. En previsión a posibles cortes de suministro por mantenimiento del sistema durante la parada, se instalaron la balsa y la cisterna próximos a la Torre Oeste.

Como se muestra en las Figuras 3 y 4, se ubicaron dos contenedores de residuos próximos a la Torre Oeste y uno próximo a la Torre Este (en lugares fácilmente accesibles para los vehículos encargados de su reposición).

Se situó una plataforma elevadora próxima a la torre tratada para la introducción y descenso de materiales, y otra plataforma elevadora bajo esta misma torre como medida de



Figuras 3 y 4. Distintas imágenes de la implantación exterior.

auxilio en caso de accidente. Estas plataformas se fueron cambiando de torre según se estuviese trabajando en una u otra.

Otro de los retos del proyecto supuso el trabajo con **agua a presión (200 bar) 24 horas durante 20 días ininterrumpidamente**. Para afrontarlo se ubicaron 3 equipos cerca de la zona de trabajo, los cuales se iban rotando. Se diseñó la operación para que hubiese los mínimos retornos posibles de agua y por tanto limitar el calentamiento de la misma. Además, en cada turno se estableció al menos una persona dedicada exclusivamente al mantenimiento, vigilancia de temperaturas y niveles, entre otros parámetros de los equipos.

En trabajos a 24 horas es necesario disponer de iluminación adecuada. Por ello, se instaló iluminación fija a nivel general y accesos. Además, como refuerzo en los puntos de trabajo, se utilizaron focos led sumergibles, portátiles, recargables y ligeros; que facilitaron la movilidad a los equipos de trabajo.

IMPLANTACIÓN INTERIOR

La Figura 5 muestra distintas imágenes de la implantación en el interior de las torres.

Antes de realizar los trabajos de desincrustación se hizo la implantación interior, de manera que se aseguraran las condiciones óptimas para la ejecución. En esta fase se instaló material suficiente para trabajar simultáneamente en las dos torres de forma que ciertas actividades que era incompatible simultanear en un sector (como, por ejemplo, los trabajos con agua a presión) se pudieran hacer simultáneamente en torres diferentes.

Se destacan las siguientes actividades:

- **Retirada de los separadores de gotas.** Al conformar la parte superior a todo el sistema de difusión, de agua y del



Figuras 5. Distintas imágenes de la implantación interior.

relleno, es necesario retirar algunas secciones para poder acceder al sistema.

- **Instalación de escaleras para el acceso al espacio entre el relleno y los separadores de gotas**, lugar donde se encuentran los dispersores a desmontar.
- **Instalación de líneas de vida y plataformas de reparto de peso**. Para poder caminar sobre el relleno y acceder a los dispersores es necesario primero montar unas líneas de vida donde asegurarse y luego montar planchas para repartir el peso al caminar.
- **Instalación de redes en el relleno** para evitar que caigan tanto los dispersores a desmontar como los residuos.
- **Instalación de redes para algas sobre los dispersores de gotas** en sectores 1 y 2 de las torres. Paradas las torres, las algas que han crecido durante el ciclo de operación sobre las paredes interiores de las torres mueren y se despegan cayendo sobre los operarios que trabajan en ellas. Por ello es indispensable instalar redes en los sectores principales.
- **Protección de hueco de castilletes desde las artesas**. Es indispensable cerrar los huecos por los que entra el agua al sistema de distribución de las torres para evitar que nadie pudiera caer por ellos.

LIMPIEZA Y SUSTITUCIÓN DE DISPERSORES

La retirada de los dispersores en condiciones normales se hace a mano, pero la calcificación de las roscas impedía este método (Figura 6). Como solución se optó por la utilización de llaves de grifa.

La limpieza de los dispersores se realizó, bien por medios manuales en seco, para la retirada del carbonato cálcico, o con enjuague con agua en el caso de que adicionalmente estuviesen obstruidos con barro y/o bolas de Taprogge®.

Una vez los dispersores estaban retirados y limpios, se inspeccionaban y se sustituían los averiados.

Algunos dispersores se tuvieron que reparar desde su base ya que se había roto parte del tubo de PVC DN250 mm sobre el que estaban enroscados. En algunos casos, se utilizó el propio difusor que aún tenía el trozo de tubo de PVC íntegro, y en otros se realizó media teja nueva completamente.

Para facilitar su instalación posterior, se finalizaba el proceso dejando los dispersores próximos a su tubería.



Figura 6. Estado previo de dispersores.

LIMPIEZA INTERIOR DE TUBERÍAS DE PVC DN250 MM

La eliminación de incrustaciones del interior de las tuberías se realizó utilizando un útil específico para limpieza de tuberías con agua a presión, trabajando con un Camión GHD a 200 bar (Figura 7). Para ello se accedía desde la artesa de distribución de agua, una por una, a la entrada de cada una de las tuberías.

El resto de los trabajos se coordinó con esta actividad para que no hubiese ninguna persona de paso en la zona de trabajo con agua a presión ni en la parte inferior de la torre.

Se consiguió limpiar el 100 % del interior de las tuberías. Para ello, fue clave el haber determinado en las pruebas previas tanto el caudal, los tiempos de aplicación y la velocidad de rotación de la tobera. Gracias a ello se optimizaron las limpiezas logrando un alto porcentaje de ejecuciones en una sola pasada y pudo repetirse el proceso en aquellas tuberías con objetos adheridos de mayor volumen, que no

permitían desprenderse con una única limpieza, sin repercutir en los tiempos planeados de ejecución.

OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS

A continuación, se describen otras actividades realizadas para la correcta finalización del servicio prestado (Figuras 8 y 9):

Se realizó una limpieza con pistola de agua a presión del exterior de tuberías PVC DN250 mm. Se eliminaron al mismo tiempo depósitos y adherencias de la parte inferior del separador de gotas.

La eliminación de incrustaciones de las artesas por las que se distribuye el agua a las tuberías de PVC DN250, se realizó retirando en primera instancia el barro acumulado, y posteriormente con agua a presión con pistola.

Se realizó una limpieza con agua a presión y posterior barrido de la suciedad acumulada en las pasarelas interiores de las torres.



Figura 7. Estado inicial de tuberías, proceso de limpieza y estado final.

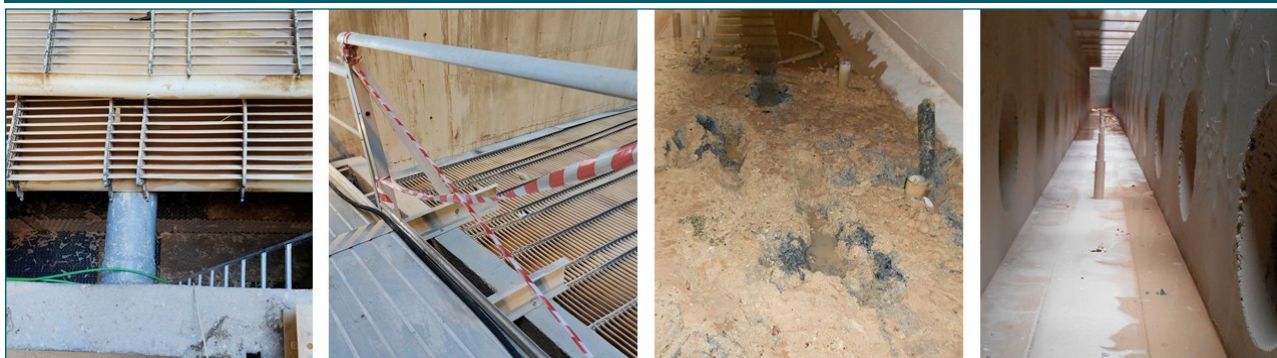


Figura 8. Imágenes de otras actividades de acondicionamiento.



Figura 9. Imágenes de otras actividades de acondicionamiento.

Se repararon barandillas, rodapiés, protecciones de bordillos y pasarelas donde fue necesario.

La eliminación de incrustaciones de los separadores de gotas se realizó desde abajo (relleno) y desde arriba (pasarelas). La limpieza del relleno se realizó con aspiración localizada.

La reparación de las juntas de goma de las tuberías de PVC DN250 mm (solo donde fue necesario), se realizó cortando la parte sobresaliente de las mismas y aplicando un sellador en su lugar. (Figura 9).

Se realizó la reposición y sellado de todos los tubos dispersores embebidos en las artesas.

Para realizar la retirada de los paquetes de relleno del interior de las balsas de las torres (Figura 10), se utilizó un equipo con pala pequeña (Gehl®) y dos equipos con pala grande (Manitou®).



Figura 10. Retirada de los paquetes de relleno.

SEGURIDAD

Para las actividades eliminación de depósitos y adherencias del interior de las torres de tiro natural durante la Recarga nº 22 en la central nuclear de Cofrentes, la empresa GDES elaboró evaluaciones de riesgos específicas para cada tarea, así como un Plan de Prevención específico, donde se recoge dicho servicio.

Del 3 noviembre al 5 de diciembre de 2019, periodo en que se llevó a cabo la ejecución en obra, la empresa GDES trabajó un total de 10.000 horas en este proyecto, con un nú-

mero medio de 32 operarios. Ni en la empresa GDES ni en sus subcontratistas se produjo ningún accidente durante la realización de este proyecto.

Para los trabajos de limpieza con agua a presión se utilizaron los EPI habituales de este tipo de servicios, aunque debido a las condiciones de alta humedad en las torres se hicieron un par de mejoras significativas:

- El uso de gafas cerradas (obligatorio para entrar en la torre) en combinación con un producto antivaho.
- El uso de trajes de neopreno para realizar los trabajos de eliminación de depósitos y adherencias en el exterior de las tuberías.

CONCLUSIÓN

Como conclusión de la actividad, y para tener una idea de la magnitud del servicio, se muestran a continuación el balance de elementos tratados e hitos conseguidos:

- Se eliminaron todas las incrustaciones del interior de las tuberías de 250 mm de diámetro y se arrastraron hacia las artesas.
- Todos los dispersores pudieron ser limpiados, sustituidos o reparados.
- El total de elementos limpiados entre las dos torres de refrigeración fueron:
 - 12.500 unidades de dispersores.
 - 10.000 ml de las tuberías de PVC DN250 (interna y externamente).
 - 1.000 ml de canales de comunicación/artesas.
- Durante la ejecución de los trabajos se invirtieron un total de 10.000 horas x hombre, con un promedio de 32 personas.
- El programa de ejecución se cumplió según lo previsto al inicio de los trabajos.
- El procedimiento previsto para la retirada de depósitos del interior de las tuberías resultó un éxito, cumpliéndose los objetivos previstos por la central nuclear de Cofrentes.

Finalmente, las dos torres de refrigeración fueron tratadas de forma eficaz en el tiempo previsto, aptas para su uso durante el funcionamiento normal de la planta, cumpliendo con el objetivo principal en seguridad laboral: accidentes cero. ■