



Juan Luis SANTIAGO ALBARRAN es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, M. Sc. por la Universidad de Michigan y MBA por el Instituto de Empresa, Madrid. En la actualidad dirige el proyecto de Clausura de la Fábrica de Uranio de Andújar en ENRESA.



Moisés SANCHEZ DELGADO es Ingeniero Industrial, MBA por el Instituto de Empresa, Madrid, y Director de Proyecto en INITEC.

UNA EXPERIENCIA PRACTICA

DESMANTELAMIENTO DE UNA FABRICA DE CONCENTRADOS DE URANIO

J. SANTIAGO - M. SANCHEZ

ENRESA, dentro de su ámbito de responsabilidad y competencias, ha llevado a cabo el desmantelamiento de las instalaciones y equipos de la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), según las especificaciones y proyectos realizados por INITEC, que también ha supervisado los trabajos de desmantelamiento llevados a cabo por la unión temporal de empresas de MONCASA y LAINSA (MONLAIN).

El desmantelamiento de los equipos e instalaciones de fabricación de concentrados de uranio se enmarca dentro de las actividades del proyecto general de desmantelamiento y clausura de la FUA, que consta de los siguientes grandes grupos de actividades:

- Adecuación de la instalación eléctrica de la Fábrica, para su utilización durante las obras de clausura.



Vista general.

- Construcción de una balsa de almacenamiento de efluentes líquidos y del sistema de tratamiento asociado.
- Desmantelamiento de los equipos e instalaciones de proceso.
- Demolición de estructuras y edificios.
- Estabilización del conjunto de productos de desmantelamiento, demolición y estériles y restauración del emplazamiento.

En el momento actual se han realizado las cuatro primeras actividades, habiéndose comenzado los trabajos de estabilización del conjunto de productos de desmantelamiento, demolición y estériles, con la remodelación de los taludes de los diques de estériles completando un movimiento total de 50.000 m³ de estériles a finales de mayo de este año.

El objeto del presente artículo es describir el proceso seguido en la ingeniería básica y de detalle de definición de las actividades de desmantelamiento y mostrar los aspectos básicos de los trabajos efectuados en obra, que han permitido obtener una experiencia muy útil para futuros trabajos de desmantelamiento.

PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

El proyecto se ha desarrollado en las siguientes fases:

- Inventario de equipos e instalaciones a desmantelar.
- Clasificación previa según grado de contaminación.
- Caracterización radiológica de todos los equipos e instalaciones de la Fábrica.
- Definición de todos los equipos a desmantelar.
- Definición de las especificaciones de troceado, métodos de corte, espacios de trabajo, itinerarios y de las condiciones de incorporación de los productos de desmantelamiento al dique de estériles.

INVENTARIO DE EQUIPOS E INSTALACIONES A DESMANTELAR

Durante esta fase se realizó un inventario exhaustivo de todos los equipos e instalaciones de la Fábrica, equipo por equipo, describiendo sus características principales (volumen aparente y real, materiales, peso y situación, básicamente), recopilando toda la información disponible y verificando los datos "in situ".

Como resultado de los trabajos de esta fase se obtuvo un conocimiento completo de los equipos e instalaciones a desmantelar en su estado real final, previo al desmantelamiento y un diagnóstico previo de los diferentes elementos de riesgo que podrían implicar los trabajos (presencia de vulcanizados en tanques, madera, depósitos de pulpa de mineral en tanques de lixiviación, etc.).



Descosado de tanques.

Corte de tanques.



CLASIFICACION SEGUN GRADO DE CONTAMINACION

A partir del análisis de estudios radiométricos realizados por personal de EN-

RESA y del conocimiento del proceso de fabricación se llevó a cabo una tarea de clasificación previa de todos los elementos a desmantelar, según su grado de

contaminación, con objeto de diseñar la campaña de medidas a realizar para la caracterización radiológica definitiva de todos los equipos.

CARACTERIZACION RADIOLOGICA DE TODOS LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DE LA FABRICA

La caracterización radiológica de todos los equipos e instalaciones se llevó a cabo en dos fases, con la participación de GEOCISA como laboratorio principal y CIEMAT en aspectos relacionados con

la penetración de la contaminación en estructuras:

— En la fase I se realizaron medidas de tasa de exposición en el interior y exterior de los equipos de grandes dimensiones (especialmente en tanques de proceso químico). Además se realizaron medidas de contaminación superficial tipo alfa y beta-gamma.

En esta fase se realizaron un total de 1.172 medidas sobre 586 puntos de medida.

— En la fase II se realizó una inspección de mayor detalle sobre aquellos equipos

e instalaciones que durante la fase I se identificaron como contaminados para definir el grado y alcance de la contaminación. Se realizaron 200 tomas de muestra por frotis seco para su análisis en laboratorio del nivel de contaminación alfa y beta.

Como resultado de los trabajos de esta fase se obtuvo una caracterización completa y definitiva, de los niveles de contaminación alfa y beta-gamma en equipos e instalaciones de proceso, con indicación del carácter desprendible o fijo de la contaminación encontrada.

Con los datos obtenidos se realizó la clasificación definitiva de todos los elementos a dismantelar, aplicando los límites del CSN que marcan los niveles por debajo de los cuales una superficie puede considerarse no contaminada (10^{-6} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ para alfas y 10^{-5} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ para beta/gamma).

DEFINICION DE TODOS LOS EQUIPOS A DESMANTELAR

Durante esta fase se prepararon todos los planos y croquis definitivos de los equipos e instalaciones a dismantelar y de su situación en la planta. Los trabajos se realizaron a partir de los planos de construcción disponibles y de levantamiento de croquis en obra, incluyendo isométricos en las áreas de especial complicación.

DEFINICION DE LAS ESPECIFICACIONES DE DESMONTAJE Y DESMANTELAMIENTO

Las especificaciones de dismantaje y dismantelamiento se definieron a partir de la caracterización de los equipos, los medios de troceado disponibles y los requisitos de colocación de los materiales cortados en el dique de estériles.

Estas especificaciones contienen los criterios y métodos para:

- La descontaminación de equipos a trocear.
- Las tareas de dismantaje y troceado.
- El transporte de los materiales troceados, y almacenamiento temporal y definitivo.
- La protección radiológica, seguridad e higiene y modo de ejecución de los trabajos.

La existencia de equipos con revestimiento de goma, costras de pulpa de lixiviado, y contaminación superficial, hizo necesario analizar los métodos posibles para eliminar estos revestimientos o restos previos al corte de materiales metálicos para eliminar o reducir al máximo riesgos de incendio y de formación de aerosoles.

Las dificultades de actuación sobre el terreno (accesibilidad, contaminación,



Hormigonado de productos de dismantelamiento.

Almacenamiento temporal de jaulas.



etc.) y los requisitos de colocación de los materiales troceados en el dique de estériles condujo a la necesidad de analizar en detalle los itinerarios óptimos y los niveles de troceado de tubería, equipos compactos, tanques, etc.

Para el transporte de materiales troceados y almacenamiento temporal se diseñaron unas jaulas de 3 m. X 1 m. X 1,20 m., para introducir dichos materiales y almacenarlos temporalmente en las eras de mineral.

Posteriormente se analizaron los métodos de colocación de las jaulas en su almacenamiento definitivo, para su hormigonado, rellenando los huecos, previo a la cubrición del conjunto con estériles del dique.

DEFINICION DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PROTECCION RADIOLOGICA, SEGURIDAD E HIGIENE Y EJECUCION APPLICABLES A LOS TRABAJOS

Durante esta fase se definieron en detalle los procedimientos de ejecución de todas las actividades de:

- Descontaminación.
- Desmontaje, manipulación y transporte de componentes.
- Troceado de componentes.
- Acopio y almacenamiento temporal.
- Hormigonado de jaulas.

Asimismo se definieron los procedimientos de protección radiológica y seguridad e higiene aplicables a los citados trabajos que completaban todo el entramado de procedimientos de detalle para llevar a cabo el desmantelamiento en condiciones seguras.

DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos de desmantelamiento se iniciaron a mediados del mes de abril de



Limpieza de equipos en edificio de proceso químico.

1991 y se prolongaron durante cinco meses ocupando una fuerza de trabajo equivalente a 35.000 horas/hombre con el reparto de costes que se muestra en la tabla I.

El peso neto de materiales troceados y colocados en las jaulas de 3 X 1 X 1,2 m ha sido de 1.111 Tn con un volumen neto aproximado de 159 m³.

Se han llenado 400 jaulas con materiales de desmantelamiento, que se han colocado en una superficie aproximada de 1.535 m², donde se han hormigonado, utilizando 1.240 m³ de hormigón, habiendo alcanzado un porcentaje de huecos medio en las jaulas hormigonadas del 26%, conformando una losa de hormigón de 1.812 m³ de volumen total. Los trabajos de corte se han llevado a cabo, mediante radiales para materiales no contaminados, sierra de vaivén con aportación de agua para material contaminado y soplete de oxígeno acetileno y propano para equipos e instalaciones.

Las dosis a los trabajadores se han mantenido en niveles muy reducidos, no superando en ningún caso los niveles de actuación fijados en el Manual de Protección Radiológica de la Fábrica.

Además se ha llevado a cabo un programa de I + D para analizar la generación de aerosoles por diferentes técnicas de corte, mecánico (CUTTING) y térmico (OXICORTE Y PLASMA) sobre materiales de acero al carbono, acero al carbono con ebonita, tubería con ebonita, tubería sin ebonita, acero inoxidable y acero al carbono con fibra de vidrio.

Dentro de este programa de I + D se han ensayado técnicas de descontaminación de DECAPADO térmico, ABUJARDADO con humectación, ABUJARDADO sin tratamiento de la superficie, ESCARIADO con humectación, y ESCARIADO sin tratamiento de la superficie.

El programa ha permitido obtener enseñanzas importantes en relación con los siguientes aspectos:

- Generación de aerosoles.
- Velocidad de corte.
- Distribución de aerosoles por tamaño.
- Eficiencia de sistemas de filtrado.
- Contaminación ambiental y superficial.

Una vez completadas todas las fases del proyecto de desmantelamiento y los trabajos de I + D se dispone de una experiencia práctica que se considera de gran utilidad para futuras actividades de desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas, tanto en los aspectos metodológicos y de concepción global del proyecto y la obra como en aspectos de detalle relacionados con medios humanos, equipos y demás recursos necesarios para acometer proyectos de este tipo.

TI

REPARTO DE COSTES DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES DE OBRA

Actividad	Contribución (%)
Limpieza y descontaminación	9,1
Desmantelamiento	31,8
Corte	29,8
Fabricación de jaulas	10,1
Llenado de jaulas	10,3
Transporte de jaulas	3,2
Hormigonado	5,7
	100,0