

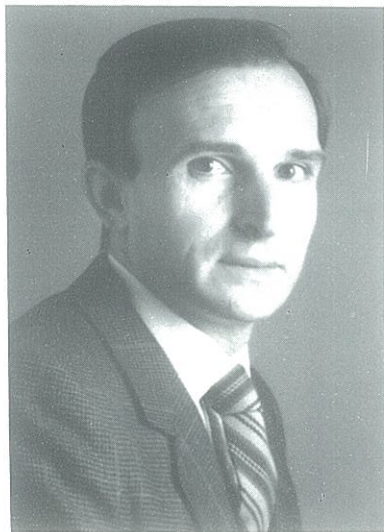
GESTION DE RESIDUOS

LA SUSTITUCION COMPLETA DE UN SISTEMA DE DESECHOS SOLIDOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERIA

Edward VIRZI y Ramón MORCILLO



Edward N. VIRZI es Ingeniero Supervisor de Grupo en Bechtel Power Corp., estando asignado actualmente al proyecto de C. N. Ascó. Previamente trabajó para los proyectos de Rancho Seco y SNUPPS. Ha sido también Ingeniero Especialista en desechos radiactivos en Bechtel, Los Angeles. Antes de desarrollar estas actividades trabajó para el programa de submarinos nucleares de la U. S. Navy en las compañías, General Dynamics Electric Boat y Knolls Atomic Power Laboratory.



Ramón MORCILLO LINARES es Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid (1970). Durante tres años trabajó en el Departamento Mecánico de Kraftwerk Union (Erlangen, RFA) para los proyectos de C. T. San Adrián y C. N. Tullnerfeld. A continuación presta sus servicios en INYPSA, siendo asignado al Grupo Nuclear del proyecto de C. N. Ascó. En la actualidad pertenece a la División Nuclear de INYPSA, siendo Jefe de Departamento de Seguridad Nuclear.

INTRODUCCION

El cambio total de un sistema de desechos sólidos a otro, utilizando un agente de solidificación, es un caso repetido con cierta frecuencia en la industria nuclear en diversos países, incluido el nuestro.

Unas veces estas sustituciones han ocurrido estando el sistema original instalado y habiendo funcionado y en otras se había comprado el equipo disponiéndose de la obra civil y del diseño de ingeniería de detalle, no habiéndose instalado el sistema en su totalidad.

Las causas que han dado lugar a estas drásticas sustituciones han sido diversas:

- Obsolescencia de equipos por tratarse de sistemas primitivos superados por tecnologías más eficientes.
- Aparición de nuevas regulaciones o cambios en las ya existentes.
- Problemas surgidos en la utilización de determinados procesos.

Refiriéndonos a nuestro país, esta última causa es la que ha determinado que algunas centrales en estado avanzado del proyecto se hayan planteado un cambio total en el sistema de solidificación de desechos y la compra de nuevo equipo, utilizando un proceso completamente diferente, a base de cemento, que la práctica en la mayoría de los países ha sancionado como el más idóneo y más compatible con el medio, en los almacenamientos superficiales definitivos.

Los propietarios de las centrales nucleares españolas de la segunda generación, que iniciaron su construcción al inicio de los 70, siguiendo la experiencia de Estados Unidos, compraron sistemas de solidificación que utilizaban formaldehído de urea (UF) como matriz aglutinadora. Esta decisión estaba justificada en principio por las ventajas que representaba dicho proceso:

- Simplicidad de manejo; al poseer estado líquido se podía bombear sin dificultad, no así el cemento o asfalto.
- Capacidad de incorporación de desechos; nominalmente, la relación en volumen de desechos a UF era de 3:1, netamente superior al cemento.
- Pocos equipos involucrados en el proceso, lo cual redundaría en una disponibilidad aceptable y en una baja necesidad de espacio requerido.
- Simplicidad de la obra civil.
- Facilidad de mantenimiento y de descontaminación.

Todas estas ventajas aparentes, unidas al bajo coste de la instalación, condujeron a que este sistema fuera adquirido para numerosas centrales en los Estados Unidos y, por ende, en nuestro país.

En las primeras centrales USA donde entró en funcionamiento este sistema, empezaron a surgir los primeros problemas, unos de ellos relacionados con deficiencias en el diseño de los equipos y otros más graves, que daban como resultado una solidificación incompleta de los desechos con la presencia de un residuo líquido ácido que no quedaba retenido en la matriz sólida. Por otra parte, ésta tenía una estructura esponjosa como resultado de la reacción incompleta de polimerización que tenía lugar al mezclar la UF con un catalizador. El líquido residual corroía los contenedores, por lo que llegaron a producirse fugas en su transporte a los repositorios.

Una vez detectados los fallos mencionados, se empezó a cuestionar seriamente la viabilidad del sistema. El vendedor reaccionó introduciendo apresuradas modificaciones en el equipo y en los aditivos necesarios para controlar la reacción química, a la vez que empezó a realizar ensayos de laboratorio tratando de demostrar la capacidad de solidificación del sistema modificado.

En resumen, algunas centrales decidieron, en base a lo avanzado de la construcción, aceptar las modificaciones y continuar con el mismo proceso, mientras que la mayoría optó por sustituir completamente el sistema y emitir especificaciones más restrictivas para compra de nuevos equipos.

Este fue el caso de algunas de las centrales españolas, que, después de una profunda evaluación, compraron a principios del 80 sistemas que utilizan cemento como agente de solidificación y cal apagada como aditivo.

FASE INICIAL DEL NUEVO PROYECTO

Después de esta introducción histórica, trataremos ahora genéricamente de los primeros pasos a seguir y de las implicaciones de la implementación de un cambio de esta naturaleza en una central en un estado muy avanzado de construcción, y disponiendo de un plazo hasta la puesta en marcha del sistema instalado relativamente corto, ya que debía estar operativo para la obtención del permiso de explotación provisional.

Los primeros pasos se encaminaron hacia la emisión de una especificación

para compra con requerimientos mucho más estrictos en cuanto a garantía de perfecta solidificación (programa de control de proceso) y estabilidad a largo plazo de la matriz sólida. Este último aspecto viene asociado al hecho de que como se sabe, en España, al no existir todavía emplazamientos definitivos para los residuos sólidos radiactivos, éstos deben almacenarse por un período mínimo de cinco años en estructuras apropiadas situadas en el emplazamiento de la central, lo cual implica que deben tomarse todas las precauciones posibles para que los contenedores no se deterioren a largo plazo, dado el hecho de que han de recuperarse para transportarlos en un futuro hacia su almacenamiento definitivo.

Los requerimientos típicos para tal especificación relacionados con los aspectos citados se resumen en lo que sigue:

- El producto sólido, generado a partir de desechos líquidos, resinas y mezclas de éstas, debe cumplir con los siguientes criterios:

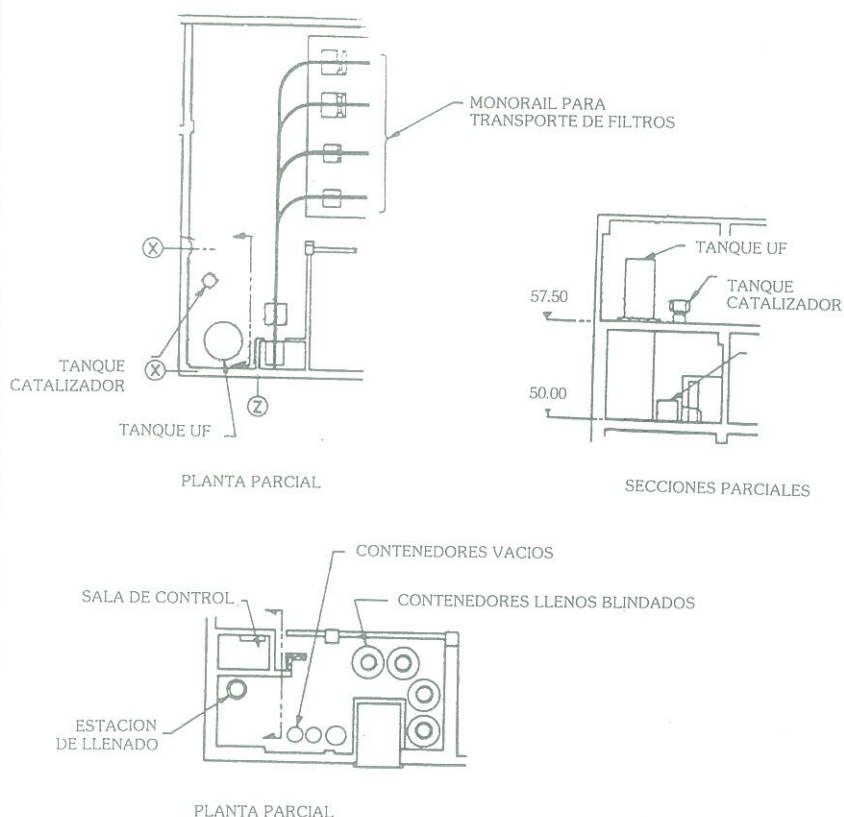
Agua libre: Completa ausencia de agua.

Lixiviación: Ce: 10 % máximo. Li: 1 % máximo.

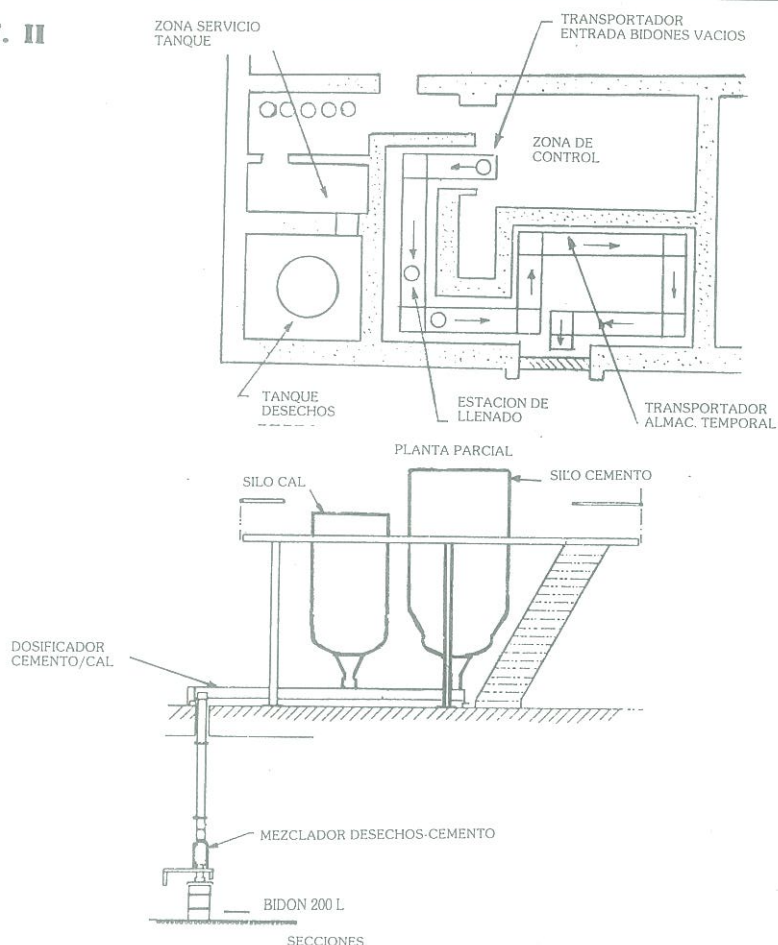
Resistencia a la compresión: Resinas: 300 psi, mínimo. Acido bórico: 500 psi mínimo.

- La verificación y documentación de las propiedades finales del producto por análisis de laboratorio deben cumplir con los requisitos de los NRC o contar con un Topical Report aprobado por aquélla.
- El sistema de solidificación debe cumplir con posibles requerimientos impuestos en el futuro por la NRC. Las eventuales dificultades asociadas con la solidificación de desechos radiactivos, no específicamente detalladas, pueden requerir la asistencia técnica del vendedor.
- Se requiere un procedimiento de operación y un programa de control de proceso, detallado como requiere la SRP, sección 11.3, para asegurar una adecuada solidificación de todos los desechos generados.
- Facilitar al comprobador y a las autoridades de licenciamiento información y referencias sobre la experiencia lograda en otras centrales operando con el sistema.
- La integridad del producto sólido será la adecuada para un período de almacenamiento de diez años y transporte subsecuente al emplazamiento definitivo.
- Compuestos químicos como hidróxido sódico, ácido cítrico, cromatos, aceites y otros podrán acompañar a los desechos a solidificar, siendo responsabilidad del vendedor fijar los límites máximos permisibles y/o indicar procedimientos de acondicionamiento químicos para lograr una adecuada solidificación.

F. I



F. II



CONSIDERACIONES PARA EL NUEVO DISEÑO

Al plantear el cambio de sistema se establecieron una serie de puntos básicos que lo diferenciaban del antiguo y que condicionaban el diseño.

1. El nuevo sistema llevaba asociado mucho más equipo que el anterior, principalmente tanque de almacenamiento de desechos, mezclador, silos de cemento y de cal, dosificadores, etc.

2. El sistema antiguo utilizaba contenedores de 50 Ft³ mientras que el nuevo operaba con bidones de 200 l. Por otra parte, en el primero los contenedores estaban blindados individualmente durante el proceso, mediante embalajes de plomo reutilizables. En el nuevo diseño los bidones se procesaban desnudos.

Estos puntos dieron como resultado las siguientes consideraciones y problemas a resolver, que afectaban, por un lado, a la disposición general a adoptar, al edificio de almacenamiento de desechos y al transporte.

A) Disposición general

El sistema original de UF requería una mínima cantidad de espacio para su instalación, comparada con la utilizada por el sistema de cemento, y no se disponía del lujo de un área adicional donde expandirse. La instalación de muros de blindaje, silos y tanque de almacenamiento y otra serie de componentes pesados requirió un cuidadoso estudio para lograr un *layout* eficiente (ver figuras 1 y 2). Los principales problemas que hubo que tener en cuenta fueron:

a) Demolición de algunos muros y recrecimiento de otros.

b) Las losas correspondientes del edificio auxiliar tuvieron que ser recalculadas, al tener en cuenta las cargas adicionales que imponían el equipo y nuevos muros.

Para mantener las sobrecargas en los valores admisibles se limitó la altura de los muros a 3,5 m.

c) Como ya se ha mencionado previamente, al procesarse los bidones sin blindaje individual, al contrario de lo que ocurría con el sistema original, se tuvieron que diseñar muros de blindaje, para mantener la dosis al operador dentro de los límites.

d) El sistema de UF usaba un puente-grúa para mover los contenedores blindados. Esta grúa fue reemplazada por un transportador de rodillos motorizado, formado por varias secciones. El transportador mueve los bidones desde la entrada de éstos a través de la línea de proceso donde se llenan, pasando luego a otra sección, donde se tapan por mando remoto y finalmente se envían, a través de una sección de acumulación, hacia el punto de salida para transferirse a un vehículo blindado que los transporta al edificio de almacenamiento.

Mencionaremos aquí la necesidad de una correcta programación para coordinar, en el corto tiempo disponible, el suministro de los equipos, los trabajos de obra civil y los de instalación o montaje, sin que se produzcan interferencias. Por otra parte, el intercambio de información vendedor-ingeniería debe producirse con la necesaria rapidez, con el fin de obtener la aprobación de los planos en el tiempo deseado, sin que se interrumpa la fabricación.

B) Edificio almacenamiento de desechos

Este edificio estaba diseñado, en principio, para almacenar los contenedores de 50 ft³ en celdas que podían contener tres apilados verticalmente, utilizando para su manejo una grúa pórtico. Como consecuencia de ello, se cambió la grúa a otra de menor capacidad dada de un sistema de posicionamiento por control remoto a base de un circuito cerrado de TV. La estructura de las celdas, que aún no estaban construidas, se modificó para aceptar bidones de 200 l, subdividiéndose el edificio en zonas de alta, media y baja actividad. El diseño del edificio es de tipo modular, pudiendo sufrir ampliación futura hasta cubrir las necesidades de diez años.

La subdivisión del edificio se realizó de manera que se desperdiciara el menor espacio posible para almacenamiento y la altura de las celdas se modificó para aceptar un apilamiento de los bidones en seis alturas. También fue de suma importancia la optimización de las operaciones de manejo de bidones y de transporte a través del edificio, debido a que el menor tamaño de los contenedores multiplicaba los movimientos a realizar.

C) Transporte

La distancia entre el área de procesamiento de los desechos en el edificio auxiliar (o edificio de desechos) y la zona de almacenamiento suele ser del orden de varios cientos de metros. Esto significa que en el vehículo de transporte se debe prever espacio para llevar un número de bidones razonable y el blindaje necesario para permitir su movimiento a través del emplazamiento de la central. Estos factores conducen a un vehículo de peso considerable, y dado que el tamaño del transporte y las características de blindaje cambian considerablemente al pasar a un sistema de cemento, el diseño del vehículo tuvo que ser reevaluado por completo.

PROGRAMA DE CONTROL DE PROCESO

El obstáculo que nunca pudo superar el sistema de UF es su intrínseca naturaleza de polímero de condensación. El desprendimiento de agua originado en el proceso de polimerización causó su

inaceptabilidad como agente de solidificación.

En los tiempos en que se estaba tratando de conseguir una solución «contra natura» para el sistema de UF, la NRC zanjó el asunto indicando que debía establecerse un criterio o método para asegurar una «matriz monolítica sin presencia de agua». Este método para determinar que no existirá agua libre en la matriz condujo a lo que se denomina como «Programa de Control de Proceso» (PCP).

El PCP se convierte así en una suerte de «software» que debe formar un todo integral con el «hardware» que supone el resto de equipos del sistema de solidificación y aplica naturalmente a los sistemas de cemento. La implementación de este programa significa la incorporación de sistemas más sofisticados de toma de muestras y ensayos para asegurar una completa solidificación de los desechos. Las pruebas de laboratorio realizadas por el suministrador del sistema deben resultar en una serie de «recetas» para los diferentes tipos de desechos que se presenten en la planta.

Este significativo avance sobre la generación anterior de sistemas de cemento debe ayudar a garantizar el éxito de la solución provisional que ha adoptado nuestra Administración, de almacenamiento en el propio emplazamiento de la central, siempre que efectivamente se contemple a ésta bajo un punto de vista temporal. En efecto, tomando las medidas necesarias para lograr bidones con un producto totalmente solidificado, se minimiza la posibilidad de un eventual deterioro de los contenedores, garantizando su integridad para su futura recuperación. Este factor es de suma importancia, considerando el período de almacenamiento temporal, que en cualquier caso no debería superar los cinco o diez años.

RESUMEN

La adopción en España de sistemas utilizando UF como agente de solidificación obedeció a la práctica seguida en USA, país, por otra parte, que actuaba como suministrador principal del NSSS en la segunda generación de centrales nucleares. Cuando surgieron los primeros problemas de operación de tales sistemas en aquel país, las empresas eléctricas españolas que aún estaban a tiempo, pese lo avanzado del proyecto, tuvieron que tomar una dura decisión: abandonar el sistema original o esperar confiadamente en una solución de los problemas. Si se optaba por lo primero, cuál debería ser el tipo de agente de solidificación a elegir? Las alternativas viables eran el asfalto o el cemento.

Ahora, mirando hacia atrás, la opción adoptada y su implantación en varias centrales españolas parece haber sido una decisión correcta.