

Apoyo al diseño y construcción de la planta piloto PBMR

F. Cazorla, P. Morón y J.I. González

Evolucionar el diseño de un nuevo reactor hasta el estado de “licenciable” para la construcción de una planta piloto es una ardua tarea que requiere de unos recursos específicos, en cuanto a conocimientos y experiencia previa, que van más allá de los conocimientos puramente científicos y/o tecnológicos ligados al diseño conceptual del reactor.

Tomando como ejemplo la experiencia derivada de la colaboración entre la empresa sudafricana PBMR (PTY) Ltd. diseñadora del reactor PBMR (Pebble Bed Modular Reactor) y Tecnatom S.A., se van a presentar en el artículo algunos de los aspectos en los que las empresas u organismos a cargo del diseño pueden necesitar apoyo externo para conseguir licenciar y construir la planta piloto, con la mayor garantía de éxito.

Developing the new reactor design to a licensable state for constructing a pilot plant is a tough task that require specific resources, concerning knowledge and previous experience, which trespassing the pure scientific or technologic knowledge linked to the reactor conceptual design.

Taking into consideration the experience derived from the collaboration between the South African company PBMR (PTY) Ltd., the Pebble Bed Modular Reactor designer, and Tecnatom SA, the article presents some of the aspects in which the companies or organization in charge of the design can demand external support to license and construct the pilot plant with guaranteed success.

En el marco del presente “renacimiento nuclear” a nivel mundial, se encuentran en desarrollo un número significativo de nuevos diseños de reactores nucleares. En ciertos casos, estos nuevos diseños están siendo desarrollados por grandes empresas suministradoras de larga trayectoria y reconocida experiencia en el sector nuclear mientras que, en otros casos, son desarrollados por empresas de significativo menor tamaño, universidades, centros de investigación, etc., con un profundo conocimiento de los aspectos “científicos” relacionados con el diseño de un nuevo reactor pero con limitada o nula experiencia en cuanto al proceso necesario para evolucionar ese diseño básico hasta el diseño licenciable de una planta piloto, como paso previo y necesario para la futura comercialización de un nuevo reactor.

Este artículo se refiere al segundo de los casos y su objetivo es señalar algunos de los elementos necesarios para el paso de “diseño básico” a “diseño licenciable” de una planta piloto a los que los diseñadores, concentrados en los aspectos más científicos y técnicos del diseño de la planta, no suelen prestar suficiente atención con la antelación necesaria.

A título de ejemplo, este artículo utiliza como hilo conductor la experiencia derivada de la relación entre Tecnatom S.A. y la empresa sudafricana PBMR (PTY) Ltd., diseñadora del Reactor PBMR (*Pebble Bed Modular Reactor*).

Tecnatom S.A. tiene una larga historia de colaboración, con algunos de los grandes diseñadores y suministradores norteamericanos, en el desarrollo de nuevos reactores de agua ligera (Westinghouse AP600 y AP1000, General Electric ABWR y ESBWR, etc.). Esta colaboración, iniciada en 1991 y que continúa actualmente, se ha centrado básicamente en la aportación de los recursos y conocimientos de Tecnatom, en ciertas áreas especializadas, para complementar las capacidades y recursos de nuestros clientes. Nunca antes Tecnatom había colaborado con una empresa como PBMR, de tamaño más reducido que el de otros clientes habituales, embarcada en el diseño de un reactor modular de alta temperatura refrigerado por gas. Sin entrar en detalles técnicos, trataremos de describir como la experiencia de una empresa de servicios como Tecnatom, especializada en las áreas de Inspección en Servicio, Ingeniería de Factores Hu-



FRANCISCO CAZORLA

es ingeniero industrial por la ETSIM y MBA por el Instituto de Empresa.

Se incorporó a Tecnatom en 1982.

Desde 1998 desempeña la posición de gerente de Cuenta, Mercado Internacional, en la Dirección de Desarrollo de Negocio.



PEDRO MORÓN LIMÓN

es ingeniero técnico industrial electrónico por la Universidad Politécnica de Madrid.

Pertenece a Tecnatom desde 1975.

Actualmente ejerce las actividades relacionadas con responsable adjunto a la organización para la formación de operadores de centrales nucleares, formación de Instructores y el Programa de Calidad de Adiestramiento.



JUAN IGNACIO GONZÁLEZ

es ingeniero técnico industrial eléctrico por la Universidad de Valladolid e

ingeniero en Organización Industrial por el ICAI-Madrid.

Pertenece a Tecnatom desde 2006.

Desde 2009 trabaja en la redacción del material didáctico para reactores AP-1000 (Westinghouse).

manos, Formación y Apoyo a la Operación, puede ayudar a dar ese salto del “diseño básico” al estado de “diseño licenciable” para la construcción y puesta en marcha de una “planta piloto”.

La relación entre PBMR y Tecnatom se inició en 2005 a través de Equipos Nucleares (ENSA) adjudicataria del contrato para la construcción de la vasija del reactor para la planta piloto PBMR. Esta planta piloto sería construida anexa a la central nuclear de Koeberg, en las proximidades de Ciudad del Cabo y, por requisitos del organismo regulador sudafricano, debería licenciarse de acuerdo, básicamente, con la normativa norteamericana. En relación con la inspección pre-operacional y futura inspección en servicio de la planta piloto PBMR, al no existir todavía en la Sección XI del Código ASME el capítulo correspondiente a los reactores de alta temperatura refrigerados por gas, se exigió el cumplimiento de los requisitos de la Sección XI aplicables a los reactores de agua ligera. La preocupación de PBMR sobre el impacto que este hecho pudiera tener sobre el diseño de los componentes y edificios de la planta piloto dio lugar a los primeros contratos de consultoría adjudicados a Tecnatom en el área de Ingeniería de Inspección. En particular, Tecnatom realizó las actividades de estudio y asesoramiento sobre los siguientes aspectos:

- Inspeccionabilidad de las áreas de la vasija del reactor requeridas a inspección.
- Inspeccionabilidad de las áreas del circuito principal requeridas a inspección.
- Aislamiento térmico de áreas requeridas a inspección
- Diseño conceptual de equipos mecanizados para inspección remota de áreas de alta radiación, temperatura y/o acceso restringido.
- Planificación de actividades y estimación de recursos desde la elaboración del Manual de Inspección en Servicio hasta la realización de la inspección pre-operacional.

Algunas de las “lecciones aprendidas” en esta área de Ingeniería de Inspección que podrían ser de utilidad para casos similares, son las siguientes:

- Obviamente, y más en el caso de diseños novedosos, tratar de evitar la incertidumbre regulatoria. Si esto no fuera posible, no subestimar el impacto que aquella puede tener sobre el diseño de la planta.
- Los requisitos y servidumbres de inspección en servicio deben tenerse en cuenta en el diseño desde sus etapas iniciales. Su toma en consideración cuando el diseño está suficientemente maduro como para pasar a la fase de planta prototipo puede, y suele, tener un impacto muy significativo.



Figura 1. Piezas internas y externas de bloques reflectores de grafito del núcleo de un PBMR. (Imagen por cortesía de PBMR Ltd).

- A la hora de planificar la construcción y puesta en marcha de una planta piloto, los diseñadores suelen subestimar el esfuerzo, plazos y coste asociado tanto al desarrollo del programa de inspección y pruebas como al desarrollo y calificación de técnicas, procedimientos y equipos especiales de inspección. En el caso de diseños novedosos, este último capítulo puede fácilmente convertirse en un “cuello de botella” de los procesos de licenciamiento y construcción.

La buena relación establecida entre PBMR y Tecnatom así como la satisfacción por ambas partes con el trabajo realizado en el área de Ingeniería de Inspección, estimuló la exploración conjunta de otras áreas donde la experiencia y conocimientos de Tecnatom podrían contribuir a que el salto de “diseño básico” a “diseño licenciable” de la planta piloto se realizara con éxito. En concreto, se realizaron numerosas visitas mutuas y actividades tales como talleres de transferencia de tecnología y experiencia en las siguientes áreas:

- Ingeniería de factores humanos y diseño de sala de control.
- Simulación.
- Desarrollo de planes de formación, centros de entrenamiento y material didáctico.
- Sistemas computerizados de ayuda a la operación.
- Desarrollo, verificación y validación de procedimientos de operación.
- Modelo de negocio y organización de una “empresa de servicios” PBMR.

Como consecuencia de este intercambio de información, PBMR concluyó que era necesario contar con el apoyo de Tecnatom o de empresas especializadas similares, en la mayoría de las áreas

indicadas, con objeto de poder alcanzar con éxito la fecha prevista de puesta en marcha de la Planta Piloto PBMR.

En ese contexto, Tecnatom resultó adjudicataria en 2007 de un primer contrato para el diseño del Plan Inicial de Formación para el personal de PBMR involucrado en el proyecto de la planta piloto seguido, en 2008, de un segundo contrato de una duración de 10 meses, para, el desarrollo del material didáctico para el Programa Inicial de Formación del personal de la Planta Piloto PBMR y la formación de los futuros instructores PBMR.

A continuación se van a describir brevemente algunos de los aspectos técnicos y organizacionales más relevantes de dichos proyectos.

Como es lógico, era necesario dotar a la planta piloto del personal necesario para su operación. Para ello se desarrolló la siguiente estrategia: todo personal de nuevo ingreso, independientemente del puesto que ocupe finalmente en planta, recibiría una misma formación básica (*orientation training*). De este modo todo el nuevo personal complementaría los conocimientos iniciales que satisfacen los requisitos mínimos establecidos (académicos o experiencia laboral tanto nuclear como en otros campos) con la formación básica recibida, cumpliendo así con los requisitos asociados con cada puesto de trabajo. Una vez se hubiera garantizado que todo el personal ha alcanzado los conocimientos y habilidades comunes necesarias, se especializaría a cada empleado para el desempeño del trabajo al que estuviese destinado. Para ello se desarrollaron los planes específicos de formación para cada puesto de trabajo. El máximo exponente de los cursos especializados

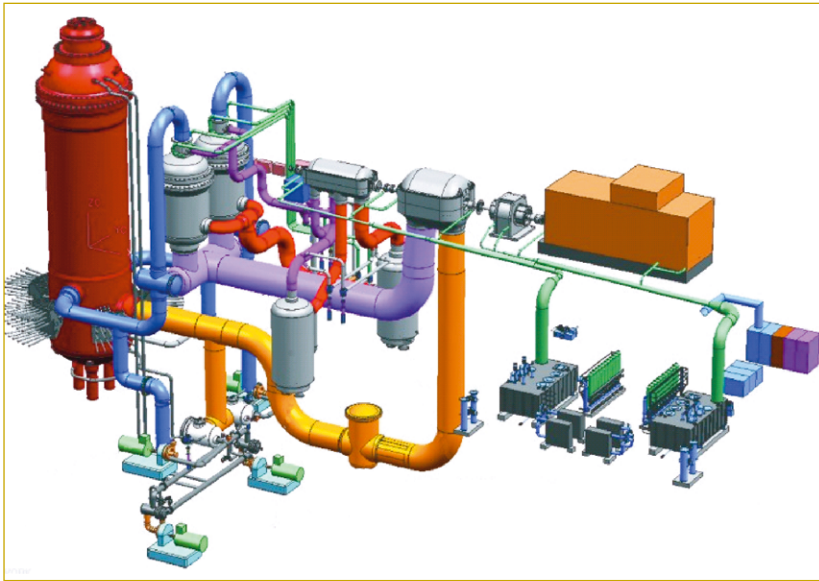


Figura 2. Diagrama esquemático de un reactor tipo PBMR. (Imagen por cortesía de PBMR Ltd).

sería el plan de formación para los puestos que necesitan licencia, el operador del reactor.

Partiendo de estas premisas y basándose en su experiencia en el área de la formación en centrales nucleares tanto nacionales como internacionales y su conocimiento de la normativa internacional que aplica para la formación del personal de planta (ACAD), Tecnatom realizó un programa de formación de cuatro meses estructurado en clases teóricas y prácticas en un entorno de simulador.

En cuanto a la normativa internacional que aplica al respecto, se utilizaron los estándares de las guías ACAD que establece INPO para la formación del personal de planta. Dichas guías recogen los parámetros que deben de tener los planes de formación y que luego han de ser especificados para cada planta.

Hay que indicar que, si bien para la formación inicial no es obligatoria la fase del análisis del trabajo y de las tareas, Tecnatom utilizó la metodología SAT para el desarrollo del programa, aunque siempre manteniendo un equilibrio entre el coste y el tiempo necesario que la implantación de la metodología necesitase. De este modo los métodos didácticos generados por Tecnatom para PBMR se encuentran de acuerdo con lo que la metodología SAT indica y establece, sirviendo durante la fase de desarrollo para evaluar la calidad del material didáctico.

Este programa fue consensuado bajo la opinión de diversos expertos de Tecnatom, que establecieron que era necesario recoger en la formación de los alumnos, tanto aspectos de fundamentos de la tecnología de reactores de alta temperatura refrigerados por gas

como formación general y específica de los sistemas de la planta y formación diversa enfocada a la operación de la planta y el desempeño humano. Si bien existen unas guías de referencia sobre la formación del personal de centrales nucleares estas deben aplicarse para los nuevos diseños bajo la supervisión de un panel de expertos que puedan identificar los temas a tratar por la formación. Por ejemplo, en relación a sistemas y fundamentos de tecnología, las guías suelen estar enfocadas a los reactores de agua ligera, por lo que no se pueden incluir literalmente los temas que en ellas aparecen recomendados para la formación sin adaptarlos antes a la tecnología que nos ocupa. Es en este punto donde Tecnatom ejerció como panel de expertos, aportando la visión de conjunto que le aporta la experiencia de realizar la formación tanto de centrales convencionales no nucleares como de las diversas tecnologías de agua ligera (KWU, PWR, BWR, etc.).

Es de destacar como aspecto positivo que Tecnatom, como empresa que presta servicios no ya sólo de inspección, formación, simulación, etc..., si no también de desarrollo de diversas tecnologías nucleares y convencionales tiene un enfoque más amplio sobre las necesidades que las empresas diseñadoras, como PBMR, puedan tener en el proceso de la construcción de una central.

Además de la formación teórica en aula, Tecnatom propuso unas sesiones de formación práctica de operación en simulador. Los programas de formación inicial suelen incidir en una formación "tradicional" de aula que cumple satisfactoriamente con el objetivo de los cursos. Pero con la incorporación de simuladores y aulas para prácticas, Tecnatom ha observado que mejoran sustancialmente las habilidades del alumno, ya que las clases prácticas presentan la ventaja de que el alumno puede "hacer" la actividad de la que es objeto la clase, en vez de sólo escucharla. Además hay que recordar que al no existir aún planta piloto, el alumno no dispone de la opción de "formación en el puesto de trabajo". PBMR, al estar construyendo su simulador mientras se realizaba el material didáctico, consideró favorablemente este punto, siendo incluidas así las sesiones de simulador en el programa de la formación inicial.

Cabe destacar también como aspecto positivo la actitud adoptada tanto por Tecnatom como por PBMR de comunicación y estrecha colaboración entre ambas durante el desarrollo del material didáctico. Al tratarse de plantas con diseño en estado de licenciamiento, son plantas vivas y se producen cambios más o menos sustanciales en el diseño o forma



Figure 3. Sala de control prototipo de una central PBMR. (Imagen por cortesía de PBMR Ltd).

de operar de ésta. Como los materiales didácticos en las fases de formación inicial se nutren de documentos de diseño, puede que alguna modificación provoque que el material didáctico no refleje en su totalidad la realidad actual de la planta. Para evitar esto se planteó desde un principio una serie de protocolos de aseguramiento de la calidad del trabajo y unas pautas de comunicación entre los responsables de PBMR y los desarrolladores del material didáctico de Tecnatom para así poder subsanar las posibles deficiencias. Aprovechando el uso de las nuevas tecnologías de comunicación se programaron una serie de videoconferencias periódicas, en las que los grupos de trabajo de PBMR y Tecnatom pudiesen discutir y comentar los distintos aspectos del proyecto.

En todo momento esta colaboración surtió efecto y fue más allá de lo que sería una simple revisión o realimentación entre ambas empresas, ya que surgieron oportunidades de mejora para el desarrollo del plan de formación inicial. Un ejemplo de colaboración entre ambas es la decisión que se tomó de aplicar un solo documento (plantilla) común para el libro del estudiante y del alumno. De esta forma, a la hora de desarrollar el material se trabajaría simultáneamente en el libro del instructor y del alumno. Cualquier modificación posterior se haría efectiva a

la vez, por lo que no se tendría que acudir tanto a un documento como a otro. Posteriormente, para obtener cualquiera de los dos libros bastaría con seleccionar la versión deseada (libro del alumno o libro del instructor) e imprimirla.

Mientras el grupo de desarrollo del material didáctico se encontraba trabajando en los temas del programa, esta prometedora relación entre PBMR (PTY) Ltd., y Tecnatom se vio interrumpida en 2009 cuando, por las razones conocidas, el Gobierno de Sudáfrica decidió suspender el proyecto de construcción de la Planta Piloto PBMR. A pesar de ello se ha podido identificar algunas "lecciones aprendidas" que creemos pueden ser de utilidad para empresas o instituciones, de tamaño similar, involucradas en el diseño de nuevos reactores.

- Debido a su tamaño y especialización, estas empresas cuentan, normalmente, con especialistas en los temas de Ingeniería de Factores Humanos y Diseño de Sala de Control, Simulación, Formación y Operación, eso sí, en número insuficiente para abordar, con sus propios recursos, la carga de trabajo necesaria para alcanzar, en esas áreas el estado de "licenciable" para una planta piloto. Esto hace que el recurrir a empresas especializadas externas se haga prácticamente imprescindible, salvo si los especialistas

del propio diseñador tienen una experiencia previa significativa y directa en otras centrales o proyectos nucleares.

- Es necesario programar desde un primer momento el plan de formación que va a llevar a cabo el personal de la planta. Hay que ser conscientes que meses antes de poder operar la planta se ha de tener formado y especializado el personal necesario. Además el hecho de que sea un reactor piloto provoca que no se pueda formar a todo el personal en su puesto de trabajo. Por lo que se considera necesario el aplicar aulas taller o simuladores en las actividades formativas.
- La creación de grupos de trabajo estables durante la creación del material didáctico, tanto por parte de la empresa suministradora como de la empresa de servicios favorece el entorno de trabajo para la óptima finalización del trabajo. Cabe reseñar la sinergia proporcionada por el modelo de trabajo seguido por PBMR y Tecnatom, en el cual el responsable de la formación de la planta por parte de PBMR coordinaba a los expertos de Tecnatom. Eso sí, aceptando y valorando positivamente las recomendaciones que desde Tecnatom se hacían sobre el programa de formación y de la integración de éste en los diversos procesos de la planta.■



LA SNE FIRMA UN ACUERDO CON IBERIA PARA LOS ASISTENTES A LA 36ª REUNIÓN ANUAL



El Comité Organizador de la 36ª Reunión Anual de la SNE ha alcanzado un acuerdo con IBERIA como transportista de la Reunión, que implica un importante descuento en los billetes de avión, sujetos a disponibilidad y al cumplimiento de las condiciones que figuran a continuación. El acuerdo está en vigor desde el día 25 de junio.

CONDICIONES DEL ACUERDO

Para vuelos nacionales y europeos con destino final La Coruña y/o Santiago de Compostela y regreso:

- 40 % de descuento sobre tarifas completas en Business.

- 45 % de descuento sobre tarifas completas en Turista.

(Descuento sujeto a disponibilidad)

Esta oferta es aplicable exclusivamente en vuelos cerrados de IBERIA y Air Nostrum, quedando excluidas las líneas con código compartido (IB-7000 y 5000). La validez de los billetes será desde dos días antes hasta dos después de la fecha de la celebración de la Reunión. La reserva y emisión se hará en: Oficinas de IBERIA, la página web de IBERIA (www.iberia.com/ferias-congresos/), SERVIBERIA y/o Viajes El Corte Inglés.

Para poder acogerse a los descuentos ofertados, el pasajero (sea asistente, ponente, o miembro del Comité) deberá acreditar su asistencia a la Reunión.

En todos los billetes de IBERIA que se emitan para este evento deberá figurar el código BTOIB21MPE0099 en la casilla "TOUR CODE" del billete.

Todas las reservas deben incluir: "OSI IB BTOIB21MPE0099"

