

LA CENTRAL NUCLEAR ABWR:

ELECTRICIDAD DE ORIGEN NUCLEAR SEGURA Y DE COSTE PREVISIBLE

J. REDDING - J. SEGARRA

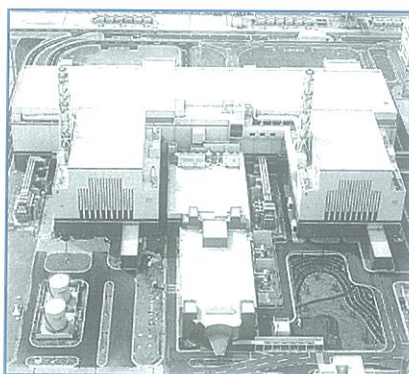
El reactor avanzado de agua en ebullición (ABWR) define la nueva generación de diseños de CC.NN. avanzadas que han alcanzado mayores niveles de seguridad y pueden satisfacer las crecientes necesidades de electricidad de bajo coste. Dos de estas CC.NN. avanzadas ABWR en Japón están actualmente en su quinto ciclo de operación con pleno éxito. La construcción de otras dos unidades del mismo tipo en Taiwan en la C.N. de Lungmen progresa sin novedad. La acción parece trasladarse ahora a Europa donde se ha adaptado el ABWR a los requisitos propios de seguridad a través de programas patrocinados por las empresas eléctricas.

The Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) nuclear plant defines the new generation of advanced nuclear plant designs that have achieved higher levels of safety and can satisfy the increasing needs for low cost electricity. Two ABWRs in Japan are now in their fifth cycles of operation. By every measure, these units have proven themselves successful. The construction of two more ABWRs in Taiwan at the Lungmen site is once again proceeding smoothly. Attention is now being focused on Europe where the ABWR has been adapted to meet European safety requirements through utility sponsored programs.

EL PODER DE LA TECNOLOGÍA PROBADA

Una nueva era de electricidad de origen nuclear de coste previsible y respetuosa con el medio ambiente vió la luz cuando el 7 de Noviembre de 1996 comenzó en Japón la operación comercial de la primera Central Nuclear Avanzada (ANP), la unidad 6 de la C.N. de Kashiwazaki-Kariwa propiedad de Tokyo Electric Power Company (TEPCO), quien es asimismo su operador. La unidad 7, un segundo ABWR suministrado por GE Nuclear Energy al igual que el de la primera unidad, comenzó la operación comercial el 2 de Julio de 1997. Estas unidades son las número 16 y 17 de la flota BWR de TEPCO y las primeras de una serie de ABWR's en proyecto para los próximos 10 años.

Ambas unidades de la C.N. de Kashiwazaki han establecido records mundiales de hitos de construcción, a

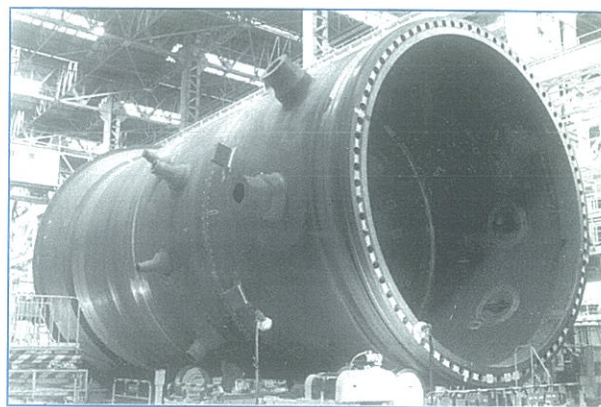


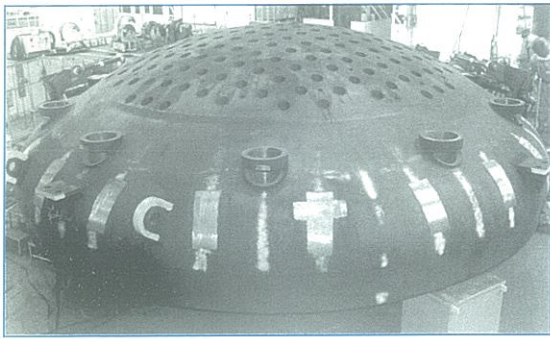
saber: el plazo desde el primer hormigón hasta la operación comercial fué de 36,5 meses para la unidad 6 y de 38,3 para la unidad 7. TEPCO hizo público en Nucleonics Week (Diciembre de 2001) que el coste directo de construcción fué de 1.600 \$/Kw, lo cual tratándose de las primeras unidades de una serie es ciertamente notable.

Ambos reactores ABWR se encuentran en su quinto ciclo de operación y bajo todas las aspectos constituyen un éxito rotundo. Por ejemplo su factor de carga es 6 puntos porcentuales mejor que el promedio de todos los reactores BWR de la flota de TEPCO. La dosis ocupacional es de 30 mrem/s por año en promedio, una significativa mejora con respecto al promedio de WANO de 126 mrem/s. Igualmente el volumen de residuos es de 8 metros cúbicos por año en comparación con el promedio de WANO de 39 metros cúbicos.

Con el proceso de liberalización del Mercado eléctrico que se encuentra ac-

tualmente en curso en Japón, resulta de creciente importancia reducir los costes de operación y mantenimiento. Como es sabido nada contribuye en mayor medida a tal fin que unas paradas cortas. La experiencia acumulada hasta el momento por las unidades ABWR de Kashiwazaki indica que tales paradas se han reducido considerablemente con respecto a otras unidades BWR en Japón. De hecho hay razones de peso para dicha mejora ya que el diseño del ABWR incorpora las ventajas de una tecnología probada, así como las enseñanzas de 10 años de pruebas y desarrollo. Todo ello ha evitado paradas prolongadas y costosas debidas a problemas inesperados, tales como equipos defectuosos, cuestiones de seguridad etc. Además el diseño se ha simplificado de forma sistemática y significativa, lo cual ha redundado en la eliminación de equipos y componentes, tales como rociadores del núcleo, válvulas de control de caudal y tuberías de recirculación externas. El éxito y la operación sin problemas de los reactores ABWR de la C.N. de Kashiwazaki reflejan lo acertado de este enfoque.





El acortamiento de paradas se consigue de modo análogo sacando de la ruta crítica las inspecciones de rutina y mantenimiento preventivo, en cuyo caso la duración de la parada viene determinada por el tiempo requerido para cargar y barajar combustible. El diseño del ABWR facilita dicho objetivo con una serie de mejoras. Por ejemplo la mayoría de la vasija (ver figura) está fabricada a base de anillos forjados, en lugar de placas. Esto elimina el 30% de las soldaduras en la zona alrededor del núcleo para las que se requieren inspección en servicio periódicas. Los diseños de las bombas internas del reactor (RIPs) y las barras de control con posicionamiento fino (FMC RDs) son considerablemente robustos como se ha puesto en evidencia por las pruebas y experiencia en operación y requieren un mínimo de inspección y mantenimiento preventivo.

Finalmente digamos que se ha dedicado una atención especial a diseñar la central de modo que se facilite su mantenimiento. Por ejemplo dentro de la contención el equipo es accesible a todos los niveles mediante escaleras y plataformas que rodean completamente la vasija. Existen asimismo monorriles para facilitar la retirada de equipos voluminosos, tales como las válvulas de aislamiento del vapor principal a salas de mantenimiento a través de una compuerta. Asimismo la retirada de equipos antes citados como RIPs y FMC RDs se ha automatizado y permite que su mantenimiento se lleve a cabo en salas dedicadas a este fin donde se lleva a cabo asimismo la pertinente descontaminación. La operación completa se lleva a cabo de modo eficiente y reduciendo prácticamente a cero la dosis del personal.

LAS CENTRALES ABWR PROPORCIONARÁN ELECTRICIDAD ECONÓMICA A TAIWAN

GE suministra dos ABWR adicionales para Taiwan Power Company. Estas dos unidades que se están construyendo en el emplazamiento de Lungmen al N.E. de Taipeh tienen programada la opera-

ción comercial para los años 2005 y 2006 respectivamente. El ABWR recibió la aprobación del Regulador de Taiwan en forma de un Informe Preliminar de Seguridad emitido a finales de 1998 y un Permiso de construcción emitido en Marzo de 1999.

A finales de Febrero de 2002 la mayoría del trabajo en el edificio de contención y el edificio circundante del reactor se había completado. El próximo hito ocurrirá en el verano de 2003 cuando la vasija de la unidad 1 se envíe y eleve a su emplazamiento.

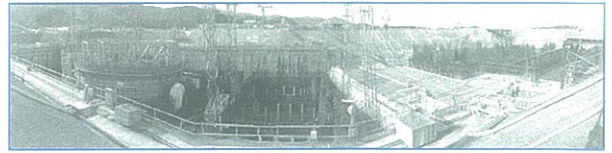
MAYORES NIVELES DE SEGURIDAD

La C.N. ABWR pasa la prueba de los cada vez mayores niveles de seguridad que se requieren. La probabilidad de daño al núcleo, la medida más común de seguridad es 100 veces menor que en las centrales actuales, ya de hecho muy seguras. Ello es consecuencia de la utilización del PSA para guiar el diseño.

El ABWR es la primera central nuclear diseñada para cumplir con los nuevos requisitos de la NRC para "Accidentes Severos". Además estas funciones no requieren de la acción del operador y por ello se denominan "pasivas".

EL ABWR EUROPEO

En colaboración con TVO, Vatenfall, EdF, DTN y varias empresas eléctricas europeas, el ABWR de GE Nuclear Energy ha sido cuidadosamente revisado con respecto a los Requisitos de las Empresas Eléctricas Europeas (EUR). Dicha revisión se completó a finales de 2001 con la conclusión de que el ABWR satisface los citados requisitos y es adecuado para su aplicación a proyectos europeos. Análogamente tanto GE como el regulador finlandés STUK, este último como parte del proceso iniciado por TVO con la presentación de una solicitud de "Decisión en Principio" han revisado el ABWR con respecto a los requisitos reguladores finlandeses. La conclusión es que no hay razón por la cual el ABWR no pudiera ser licenciado en Finlandia. Al objeto de cumplir con requisitos específicos finlandeses se consideran algunos cambios de diseño. Por ejemplo un ABWR para Finlandia utilizaría Condensadores de Aislamiento (ICs) para cumplir con requisitos del STUK con respecto a la apertura de las



Vista panorámica de la unidad 1 de Lungmen, a mediados de febrero de 2002

Válvulas de Seguridad y Alivio (SRVs). Si bien el objetivo principal de los ICs es prevenir la pérdida de refrigerante primario fuera de un circuito cerrado durante transitorios, también podrían cumplir la función de medio alternativo de evacuación de calor latente de desintegración (distinto del RHR) durante una condición eventual de accidente tal como pudiera resultar de un cero eléctrico en la central.

GESTIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO

Uno de los valores del ABWR es su atractivo para los gestores de negocios y la comunidad financiera. Al haber sido licenciado, construido y estar en servicio con éxito, su nivel de riesgo para nuevos proyectos es consiguientemente menor.

Veamos ahora someramente cuáles son estos muchos riesgos y qué características debería buscar en el diseño y en el suministrador un eventual propietario al objeto de evitarlos.

- *Riesgos de licenciamiento* con sus costes y retrasos asociados. Puede licenciarse la central en un plazo razonable y predecible sin afectar a la fecha prevista de operación comercial?
- *Riesgos de Ingeniería*, particularmente cambios y retrasos en la construcción, que puedan resultar particularmente costosos
- *Riesgos tecnológicos*, paradas etc.
- *Riesgos de Costes*, en particular desvíos de presupuesto
- *Riesgos en la Programación*, particularmente fecha de entrada en producción
- *Riesgos Financieros*, particularmente posibilidad de predecir ingresos y costes

Pasemos ahora a evaluar al ABWR con respecto a dichos riesgos:

Riesgos de Licenciamiento

El ABWR ha sido diseñado de acuerdo con los criterios más estrictos y ha recibido la Certificación de Diseño. Además ha sido licenciado en Japón y Taiwan. Por otra parte ha sido revisado con respecto a requisitos de seguridad europeos en general y finlandeses en particular para identificar áreas de actuación con antelación suficiente.

Riesgos de Ingeniería

El ABWR es una Central completamente diseñada en la que se conocen materiales, cantidades y costes con exactitud. Ello proporciona la base que permite a GE ofertar un precio firme para su alcance y de esta forma eliminar este elemento de riesgo.

Riesgos Tecnológicos

Tal como se ha comentado el ABWR es la única C.N. avanzada que ha sido construida en Japón, con una experiencia acumulada de diez años de operación y está siéndolo actualmente en Taiwan.

Riesgos de Coste y Programación

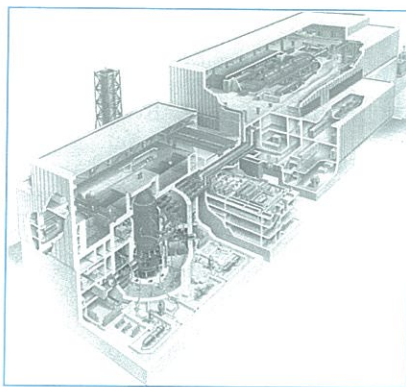
GE ha eliminado estos riesgos al ofrecer el ABWR tanto a un precio fijo como referido a un programa de construcción en la misma base utilizada para los proyectos de Japón y Taiwan.

Riesgos Financieros

Obtener financiación para un nuevo proyecto nuclear suele percibirse como un obstáculo significativo. La experiencia de los mercados financieros es que en la década de los 70 y primeros 80 se requirieron hasta 15 años y varios miles de millones de dólares para completar los proyectos. Esta percepción no ha cambiado aunque los proyectos actuales se hayan completado en plazo y dentro de presupuesto.

Sin embargo las instituciones financieras se guían por principios prácticos y supeditan su decisión a una demostración convincente de que los costes y retornos del proyecto sean atractivos y predecibles.

De modo similar un equipo humano de ingeniería y construcción que acumule experiencia en la construcción de centrales nucleares avanzadas aporta seguridad a los inversores de que las previsiones de costes de capital no se van a exceder y que la central estará libre de problemas técnicos. GE se en-



Lista para un proyecto en EE.UU.
La C.N. ABWR certificada en EE.UU.

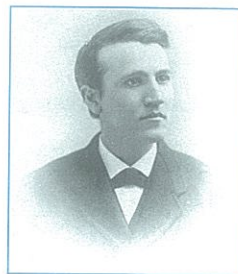
cuentra en una posición única para ofrecer esta importante ventaja para un proyecto.

RESUMEN

GE está orgullosa del diseño ABWR y de sus logros en cuanto a proporcionar electricidad segura y a un coste efectivo a sus clientes de todo el mundo. El ABWR define una nueva generación de centrales nucleares de diseño avanzado que han alcanzado aún mayores niveles de seguridad, compiten económicamente con otras formas de generación y pueden contribuir de modo significativo a los objetivos de un desarrollo sostenible.

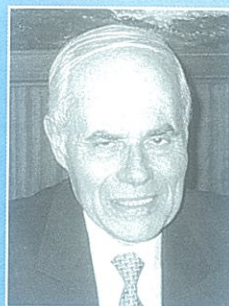
El equipo humano dirigido por GE ha amasado una experiencia significativa en el licenciamiento, diseño y construcción del ABWR y ha establecido un importante activo de éxitos en el proceso.

Digamos por fin que creemos en la energía nuclear y su capacidad para mejorar la calidad de vida en todo el mundo. La energía nuclear puede y debería jugar un papel importante en satisfacer las crecientes necesidades de electricidad del mundo al tiempo que contribuye a preservar nuestro medio ambiente para las generaciones venideras.



"El primer requisito para el éxito es la capacidad de aplicar tu energía física y mental de modo focalizado y sin descanso a la resolución de un problema determinado."

Thomas A. Edison



Jaime SEGARRA CULILLA es Doctor Ingeniero Industrial por la ETSII de Barcelona, desde 1965. Siguió cursos de Física e Ingeniería Nuclear y Electrónica en la Junta de Energía Nuclear, al objeto de instalar y formar parte del grupo inicial de operadores del reactor Argonaut de la ETSII de Barcelona, donde impartió clases en la Cátedra de Ingeniería Nuclear (1961-1964). Cursó asimismo estudios de Administración de Empresas, para postgraduados, en España y Suiza y ha publicado diversos libros y artículos sobre temas de matemática básica, física y relacionados con centrales térmicas y nucleares. Comenzó a prestar sus servicios en IGE-Spain en 1964 y pasó posteriormente a General Electric Technical Services Company, donde ha desempeñado diversos cargos, que incluyen el de director de Sistemas Eléctricos, dentro del Distrito Sur de Europa y director de Servicios Nucleares para CN Cofrentes. En enero de 1992, fue nombrado director de Energía Nuclear para España, con responsabilidad sobre todas las actividades de GE Nuclear Energy en nuestro país. Desde septiembre de 1996, combinó sus responsabilidades de director de Energía Nuclear para España en GE INTERNATIONAL INC., con las de director de Marketing de GENUSA. En octubre de 1998 fue nombrado director de Energía Nuclear para Europa. En el desempeño de las citadas funciones ha participado en las áreas técnicas, comerciales y contractuales de numerosos Proyectos en Centrales Térmicas, Nucleares y de Turbinas de Gas, así como Acuerdos de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Es miembro del Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid y de la SNE desde su fundación. Ha desempeñado funciones en la Junta Directiva de la SNE durante el plazo máximo de cuatro años permitido por los Estatutos. Es miembro del Consejo de Dirección del Foro de la Industria Nuclear Española y vocal de la Junta de AIIM. Ha formado asimismo parte de diversos Comités de IRANOR y AECC.



John REDDING es el responsable de las actividades de marketing en GE Nuclear Energy, incluyendo la comercialización de la central nuclear ABWR de GE. Además, es el portavoz de GE para todos los temas nucleares, así como el responsable tanto de las relaciones con los medios de comunicación como de asuntos públicos. Tiene 28 años de experiencia en la industria nuclear y se le han asignado una gran variedad de trabajos, entre ellos la ingeniería de combustible nuclear, la dirección de proyectos y marketing, y ventas internacionales de centrales BWR. Ha sido miembro del equipo original que desarrolló y comercializó con éxito el ABWR. John Redding es licenciado en Ciencias por la Universidad de Purdue y obtuvo un Master en Ingeniería Nuclear de esa Universidad y un MBA de la Universidad de Santa Clara. Ha publicado numerosos artículos sobre la energía nuclear, el más reciente bajo el título de "Managing the Business Risk of a New Nuclear Plant Project"

[Gestión del riesgo comercial de un proyecto nuevo de central nuclear]. Participa activamente en programas de la industria, y actualmente es presidente del Comité de Energía del Silicon Valley Manufacturing Group, una asociación industrial de todas las primeras compañías de Silicon Valley.