

El PBMR de Sudáfrica es el sistema nuclear más versátil del mundo

Jonathan Tennenbaum informa sobre una conferencia internacional que tuvo lugar en Londres, en la que se trató el fantástico potencial económico que tiene el reactor nuclear modular de lecho fluido (PBMR) de Sudáfrica para el mundo.

El próximo año la República de Sudáfrica empezará la construcción del primer reactor modular de lecho fluido, una fuente revolucionaria de energía nuclear que el ministro de Empresas Públicas de Sudáfrica llama, “la tecnología nuclear perfecta para África y los países en vías de desarrollo”.

Con el PBMR, Sudáfrica ha tomado la vanguardia en la tecnología nuclear de cuarta generación, combinando simplicidad, robustez, y “seguridad intrínseca” extraordinarias con la capacidad de producir calor de alta temperatura para la producción de combustibles basados en hidrógeno y otros procesos industriales, así como electricidad barata.

El PBMR es un prototipo primordial de la tecnología del reactor de alta temperatura (HTR) que Lyndon LaRouche y sus colaboradores por mucho tiempo han identificado, en el marco de programas de desarrollo (por ejemplo, el Puente Terrestre Eurasiático y la reciente campaña por la reindustrialización de Estados Unidos), como el sistema energético crucial, la “locomotora” de la reconstrucción económica mundial y el crecimiento en el período venidero.

El proyecto del PBMR se fundamenta en un viejo adelanto histórico que comenzó en los 1950, cuando el físico nuclear alemán Rudolf Schulten empezó a pensar en crear una fuente de energía nuclear 100% “intrínsecamente segura”, que podría desplegarse por todo el orbe, incluyendo los países en vías de desarrollo, como una fuente eficiente de calor para la industria y la generación de electricidad. Algo clave en la solución ingeniosa de Schulten fue encapsular partículas pequeñas de combustible dentro de materiales cerámicos que pueden soportar altas temperaturas, de tal modo que los productos de la fisión radiactiva permanecen permanentemente

atrapados *in situ*, donde se crean.

Al mismo tiempo, Schulten escogió y diseñó el combustible, el refrigerante de helio y la construcción del reactor específicamente para asegurar un comportamiento favorable único de la reacción nuclear, que excluye el peligro de una reacción en cadena desbocada y permite un funcionamiento de rutina a temperaturas de hasta 1.000 grados. El concepto de Schulten se experimentó y probó en los más de 20 años de operación del reactor de prueba AVR, de 30 megavatios (MW), en el centro de investigaciones nucleares en Jülich, Alemania.

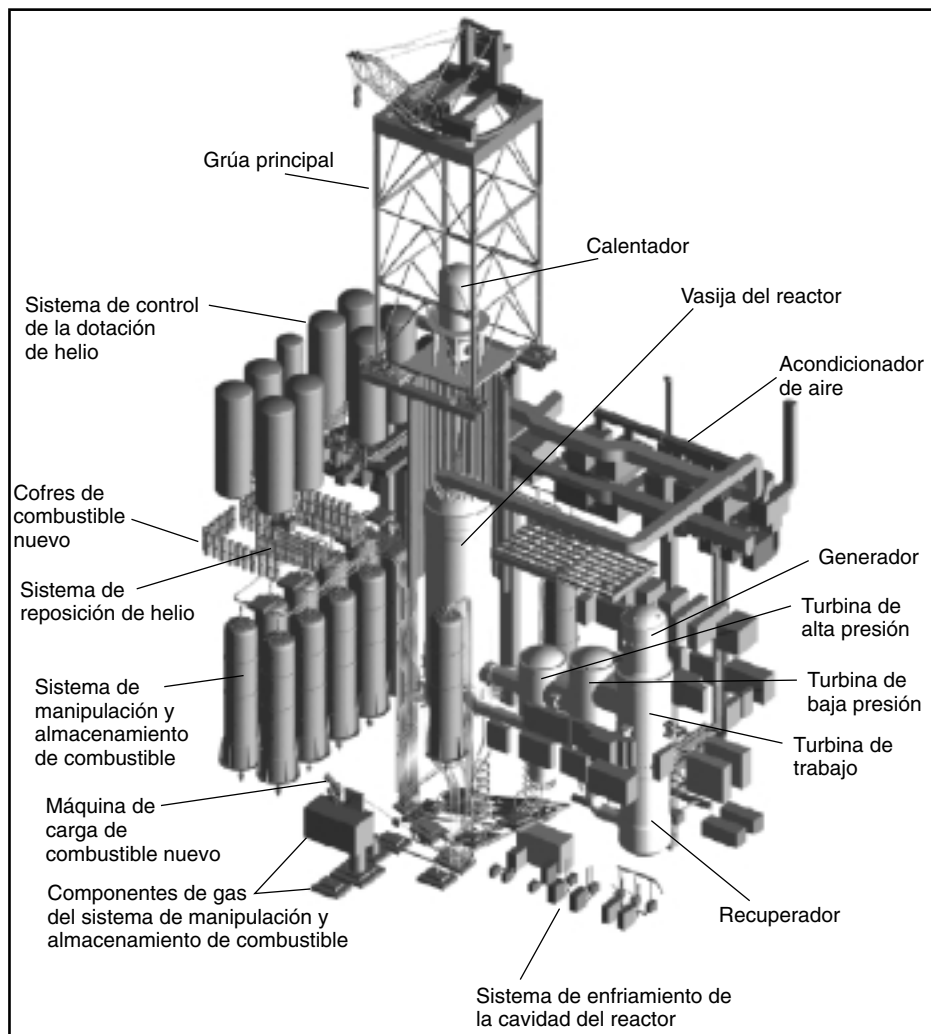
General Atomics exploró un tipo de reactor algo diferente, basado en el mismo principio básico de las partículas con una cubierta cerámica, en EU. El GT-MHR de General Atomics usa partículas de combustible diminutas, pero las coloca en pequeñas varillas que se apilan en columnas, no como partículas sueltas.

Lamentablemente, tras el breve funcionamiento de una versión más grande del HTR, de 300 MW, todo el trabajo sobre el concepto de Schulten fue abandonado en Alemania, como parte de la virtual cancelación del otrora orgulloso sector nuclear de esa nación por motivos políticos. Al HTR estadounidense no le fue mucho mejor, y es sólo gracias a tres países, Sudáfrica, China y Japón, que esta tecnología se ha mantenido con vida.

Hoy los reactores de prueba HTR están en funcionamiento en China y Japón; el primero basado en el diseño esencial de Schulten, el segundo más parecido al diseño estadounidense. China anunció hace poco que mudará la producción a gran escala de unidades HTR comerciales como parte de su programa nuclear. General Atomics trabaja en un proyecto conjunto con Rusia para construir un GT-MHR que consumirá armas de plutonio. Sin embargo, el proyecto más avanzado, por mucho, que promete llevar al concepto original de Schulten de una energía nuclear universalmente aplicable a dar un muy postergado salto decisivo, es el PBMR de Sudáfrica.

FIGURA 1

El PBMR de Sudáfrica es un reactor a prueba de accidentes



Este dibujo esquemático muestra los principales sistemas de fuerza y de apoyo del reactor modular de lecho fluido. (Foto: cortesía de Eskom).

La conferencia internacional sobre el PBMR

El pasado 30 de enero la Asociación de la Industria Nuclear de Gran Bretaña patrocinó una conferencia internacional dedicada enteramente al PBMR, a la que asistieron unos 200 industriales, expertos nucleares y representantes políticos de Sudáfrica, el Reino Unido, EU, Japón, Francia, Alemania, España y Suiza. La conferencia que dictaron directivos del programa sudafricano, así como el ministro de Empresas Públicas de esa nación, sirvió tanto como una primera presentación pública cabal de todo el programa de la empresa PBMR en Europa, como de reunión de seguimiento para los proveedores internacionales e inversionistas que se congregaron en agosto en Sudáfrica.

El recuento de la conferencia que aquí presentó habla por sí mismo, y debería facultar al lector para familiarizarse con

los rasgos salientes de la tecnología y su importancia potencial. No comentaré sobre las implicaciones geoestratégicas de que esta tecnología no se produzca en Alemania (su país de origen) ni en EU, sino en una nación de la Mancomunidad Británica. Ésta debería ser una llamada de atención para todos, de que la era de supresión y estancamiento del desarrollo de la energía nuclear ha llegado a su fin.

Este autor quedó también impresionado por el despliegue de orgullo nacional y optimismo que mostraron los representantes de Sudáfrica, y también por cierta competencia básica en la orientación industrial y económica, lo cual contrasta de forma muy alentadora con la locura absoluta que aún domina la toma de decisiones en EU y Europa. Si hubo cierta “alharaca” comprensible en las presentaciones de la PBMR, fue de la buena.

En su bienvenida a la conferencia, Robert Hawley, ex director ejecutivo de British Energy, hizo hincapié en dos cuestiones. Primero, los principales avances tecnológicos que encarna el PBMR; su simplicidad, y su rapidez de diseño y construcción. Los módulos de generación de 165 MW de electricidad son muy apropiados para los países en vías de desarrollo que carecen de redes eléctricas amplias. Hawley tam-

bién señaló el gran apoyo que el Gobierno sudafricano y la compañía estatal de electricidad Eskom le dieron al proyecto, así como la sabia decisión de ambos de invitar a industrias de renombre mundial, tales como Mitsubishi Heavy Machinery, a proveer ciertos componentes clave del reactor, junto con la gran participación de la industria nacional propia de Sudáfrica.

“Lágrimas de frustración bañan mis ojos cuando comparo la actitud del Gobierno del Reino Unido con la de Sudáfrica”, dijo Hawley.

El doctor Alistair Ruiters, presidente del proyecto PBMR, destacó los frutos de “14 años de trabajo arduo”, empezando con la decisión que Eskom tomó en 1990, de asignar un pequeño presupuesto para analizar el potencial de la tecnología alemana original. Un punto de inflexión decisivo surgió en

1994–95, cuando Sudáfrica abandonó de forma voluntaria su programa nuclear militar original, y reorientó su personal y sus recursos al proyecto PBMR. Ahora el proyecto está atrayendo a proveedores de todo el mundo, garantizando la viabilidad comercial de una nueva vía para la energía nuclear. Al mismo tiempo, el PBMR constituirá una contribución importante de Sudáfrica para mejorar la vida de la gente en África.

‘Únete a nosotros en un viaje emocionante’

Jaco Kriek, presidente de la PBMR, mostró un video optimista sobre el proyecto sudafricano, titulado “Expande tu mente”. El mensaje básico fue bien presentado: en el marco de la necesidad de modernizar una infraestructura ya al máximo de su capacidad por el rápido crecimiento económico de Sudáfrica, y al mismo tiempo para recapitalizar la industria pesada y la capacidad científico–tecnológica del país, Sudáfrica ha decidido convertirse en un “centro mundial de la excelencia nuclear”, con la exportación de reactores nucleares modulares como la punta de lanza de una estrategia para consolidar el papel del país como un exportador importante de equipo de capital. Al menos 12 países están actualmente interesados en comprar el PBMR.

Kriek señaló que “la energía es un tema candente”, y que el PBMR es “la contribución singular de Sudáfrica al reto global” de satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad, no sólo de electricidad, sino también de transporte e industriales. Apuntó a la importancia decisiva que esta tecnología tiene en particular para África, el continente gigantesco que aparece casi en la oscuridad total en las imágenes de satélite nocturnas del mundo por la falta de electricidad. Energía es la clave para echar a andar las economías africanas.

El primer PBMR piloto se completará en 2011, a lo que seguirá la producción en masa de al menos 30 módulos comerciales para el uso nacional y la exportación. A la larga, podrían producirse centenares. Al presente el cronograma aproximado es más o menos como sigue: producción de las primeras unidades comerciales para 2014; aumento de la producción a 6 módulos anuales para 2015; envío subsiguiente de al menos 24 módulos a la compañía eléctrica Eskom. Podría ser incluso antes.

Entre los componentes clave de la infraestructura técnica que ya están estableciéndose para la producción del PBMR están: una planta piloto para el combustible en Palindaba, el laboratorio de pruebas del helio para el HTR, y el Laboratorio de Pruebas de Transferencia Térmica o HTTF. Éstas, subrayó Kriek, son instalaciones experimentales de categoría mundial que ofrecerán sus servicios a todo el mundo, además de apoyar el programa mismo de la PBMR.

Kriek también hizo hincapié en el compromiso de la PBMR de potenciar el proyecto para crear nuevos empleos en Sudáfrica. Además de fortalecer el potencial de exportación de bienes de capital de alto valor del país, PBMR está alentando a los proveedores internacionales del proyecto a ubicar partes de la producción en la propia Sudáfrica. Cerca

del 60% de la fabricación de los módulos de PBMR será nacional, en tanto que los socios internacionales proveerán el 40% restante.

La versión del PBMR para generación de electricidad ya tiene a un gran cliente en la compañía eléctrica sudafricana Eskom, que está comprometida a comprarle a la PBMR un total de al menos 4.000 MW de capacidad eléctrica, como la punta de lanza de su programa de modernización y expansión de la generación eléctrica. Empero, puede que en el futuro la aplicación de calor industrial sea aun más interesante, y no en poca medida para la producción de hidrógeno. La PBMR está planificando ya la construcción de una segunda planta que demostrará la capacidad del calor industrial.

El PBMR está clasificado como un “proyecto estratégico nacional”, pero al mismo tiempo implica una cooperación internacional digna de nota. Entre los proveedores internacionales de la PBMR están Industrias Pesadas Mitsubishi (MHI), la cual aportará los sistemas de turbina de helio clave para la generación eléctrica de ciclo directo del PBMR, así como British Nuclear Fuels/Westinghouse, Nukem y Uhde de Alemania, SGL Carbón, el proveedor de acero de España ENSA, SNC–Lavalin de Canadá, Murray Roberts y muchos más.

¡África necesita energía!

Más interesante fue la presentación del director de Eskom, Gcabashe Thulani. Eskom es actualmente la novena compañía de electricidad más grande del mundo, dijo, y produce 95% de la electricidad de Sudáfrica y 50% de la que se consume en el continente de África.

Gcabashe mostró de nuevo la impresionante vista de satélite de la Tierra de noche, señalando el hecho de que África —muy literalmente el continente negro en la imagen— representa 12% de la población mundial, pero sólo 2% del consumo energético. Por otra parte, África tiene recursos naturales sumamente abundantes para la generación de electricidad, en términos hidráulicos, de carbón y uranio que podrían aprovecharse. Gcabashe dejó en claro que la estrategia de Eskom no sólo considera las meras necesidades de Sudáfrica, sino lo que requiere todo el continente africano, hogar ahora de 700 millones de personas.

En los últimos 10 años, a pesar de una campaña generalizada de electrificación en Sudáfrica, Eskom han mantenido un superávit de generación eléctrica. Sin embargo, dicho superávit está reduciéndose con rapidez, y el país está ahora a sólo un año de que una demanda de electricidad en rápido aumento se empareje con la capacidad instalada actual. Como medida inmediata, Eskom añadió 3.600 MW adicionales de capacidad eléctrica en 2005 al reactivar varias plantas a las que se había mandado al congelador desde los 1980. Se está añadiendo una capacidad adicional de 5.304 MW mejorando el desempeño de las unidades existentes. Pero en el mediano plazo, es sólo montando un programa a gran escala de construcción de nuevas plantas que Sudáfrica podrá seguir el ritmo de una demanda que sube como la espuma.



La carencia de electricidad en África es sorprendente en esta vista nocturna de satélite del continente, donde la luz eléctrica aparece como puntos blancos. Aunque en el continente habita 12% de la población mundial, África sólo consume 2% de la energía. (Foto: datos de AVHRR, NDVI, SEAWiFs, MODIS, NCEP, DMSP y catálogo estelar Sky2000; textura de Reto Stockli; visualización de Marit Jenoft-Nilsen).

Tras considerar todas las alternativas disponibles, Eskom decidió escoger la energía nuclear, en la forma del PBMR, como el vehículo decisivo para vencer este desafío. Las áreas clave de aplicación son las regiones costeras de rápido crecimiento de El Cabo y Kwazulu en Sudáfrica, que están lejos de la zona productora de carbón del país.

Luego de un detallado estudio de factibilidad en 2002, Eskom se comprometió a instalar un mínimo de 1.100 MW de capacidad nucleoelectrónica con el PBMR, empezando con el Proyecto Nacional Estratégico de Demostración, que entra en construcción el año que viene. Más allá de esto, Eskom tiene en mente un total de al menos 4.000 MW de electricidad con el PBMR. Las proyecciones de Gcabashe sugieren que en el más largo plazo se necesitarán unos 10.000 MW adicionales, que corresponden a cerca de 60% de las unidades modulares normalizadas de la empresa PBMR.

Cómo erigir un sistema estable de energía

El ministro sudafricano de Empresas Públicas, Alec Erwin, explicó el proceso mental que rigió la decisión estratégica del Gobierno de Sudáfrica de perseguir su ambición de establecer un programa de energía nuclear con eje en el PBMR. ¿Por qué un país como Sudáfrica optaría por tomar semejante orientación política? Por mucho tiempo la energía no fue la prioridad del Gobierno, pero después de diez años de crecimiento económico rápido, dijo Erwin, tuvimos que

empezar a pensar realmente en el problema: ¿Cómo obtienes un sistema energético estable?

Como no hay proveedores energéticos poderosos entre los países vecinos, el acento tendría que ponerse en la propia generación de Sudáfrica. La naturaleza de la economía sudafricana dictó la necesidad de diversificarse, y de al mismo tiempo brindar una estabilidad a largo plazo en la generación y el costo de la energía.

El Gobierno sudafricano decidió conservar en manos del Estado a la compañía eléctrica Eskom, permitiéndole recabar capital y emprender proyectos sofisticados. Sudáfrica es uno de los productores principales de uranio del mundo. Además, posee todo un complejo de instalaciones ya ligadas al programa nuclear militar. Emprender el proyecto del PBMR no fue una decisión fácil, pero la tecnología parecía tan idónea, en particular en vista de su impacto potencial para el desarrollo industrial de la economía de Sudáfrica.

Es más, la situación fiscal favorable le permitió al Gobierno respaldar grandes proyectos. La comunidad mundial de científicos y proveedores de tecnología nuclear dieron su apoyo entusiasta, dándonos un sentido de que no estábamos solos, dijo Erwin. Así, el PBMR tiene el carácter de un proyecto mundial.

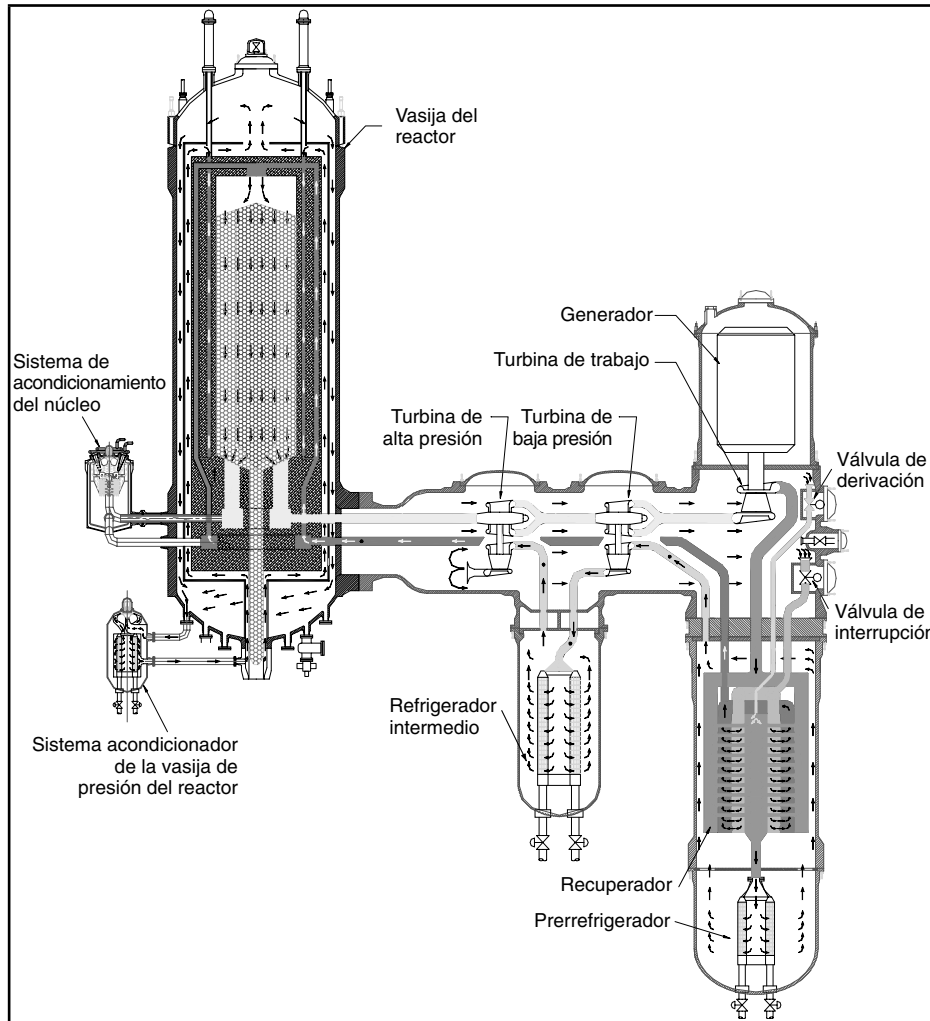
Erwin hizo hincapié en las ventajas únicas del PBMR para los países en vías de desarrollo de África y de todo el mundo. Señaló el gran interés de muchos países interlocutores de Sudáfrica, entre ellos Brasil, India y China. China, que ya está operando un pequeño reactor experimental basado en la misma tecnología básica del lecho fluido, ha firmado un memorando de entendimiento para la cooperación con Sudáfrica.

Hay algo de oposición a la energía nuclear en el país, notó Erwin, pero la mayor parte viene de las organizaciones no gubernamentales globales u ONG. El debate en Sudáfrica es más razonable del que ha habido en el mentado sector desarrollado, y en realidad los llamados renovables como el viento no son una alternativa seria a la tecnología nuclear, dijo.

Con todo, concluyó Erwin, “éste es un momento importante para toda la energía nuclear” y “una confluencia maravillosa de acontecimientos” que puso a Sudáfrica en condiciones de desempeñar el papel protagónico en materializar la tecnología revolucionaria del PBMR.

FIGURA 2

Vista transversal del PBMR



A la izquierda se aprecia la vasija del reactor modular de lecho fluido, junto con la turbina de helio de ciclo directo (izq.). (Foto: cortesía de Eskom).

Módulos nucleares en paquetes de seis

EU, en voz de Regis Matzie, jefe técnico de la Westinghouse Electric Corporation, dio una nota de particular entusiasmo. Matzie calificó a la PBMR de “un dechado de cooperación internacional”, señalando que además de los proveedores internacionales ya mencionados, Rusia también estaba desempeñando una función importante de apoyo al brindar las instalaciones de prueba para el combustible del PBMR.

Matzie alabó la labor sudafricana y el apoyo incondicional del Gobierno. El diseño y los laboratorios de categoría mundial han consumido ya 4,3 millones de horas-hombre. La Universidad Noroccidental de Sudáfrica ha trabajado ampliamente en el sistema de ciclo Brayton de enfriamiento por helio, y en el laboratorio experimental de helio, cuya torre de 40 metros está casi terminada.

“No queda pendiente ningún problema técnico serio”, dijo Matzie, indicando que la construcción del PBMR incorporará el diseño comprobado del combustible y la experiencia operativa de los sistemas AVR y THTR de Alemania, así como materiales de la industria convencional de los reactores de agua ligera.

¿Qué hay del mercado futuro? Cuando hablamos de que el PBMR puede ofrecer un “nicho” para plantas con una capacidad total de 700 MW o menos, “ese nicho es bastante grande”. Incluye gran parte del sector de la economía mundial en vías de desarrollo. Es más, la posibilidad de combinar muchos módulos PBMR normalizados en paquetes de cuatro, de seis y de ocho (el llamado “diseño multimodular”) podría convertirlos en los “bloques” para construir plantas comerciales por todo el mundo.

Pero las aplicaciones del calor industrial, dijo Matzie, son incluso mayores potencialmente. Del consumo energético de EU, por ejemplo, casi una tercera parte es electricidad, pero dos tercios son transporte y aplicaciones térmicas. El PBMR será clave para una futura economía basada en el hidrógeno.

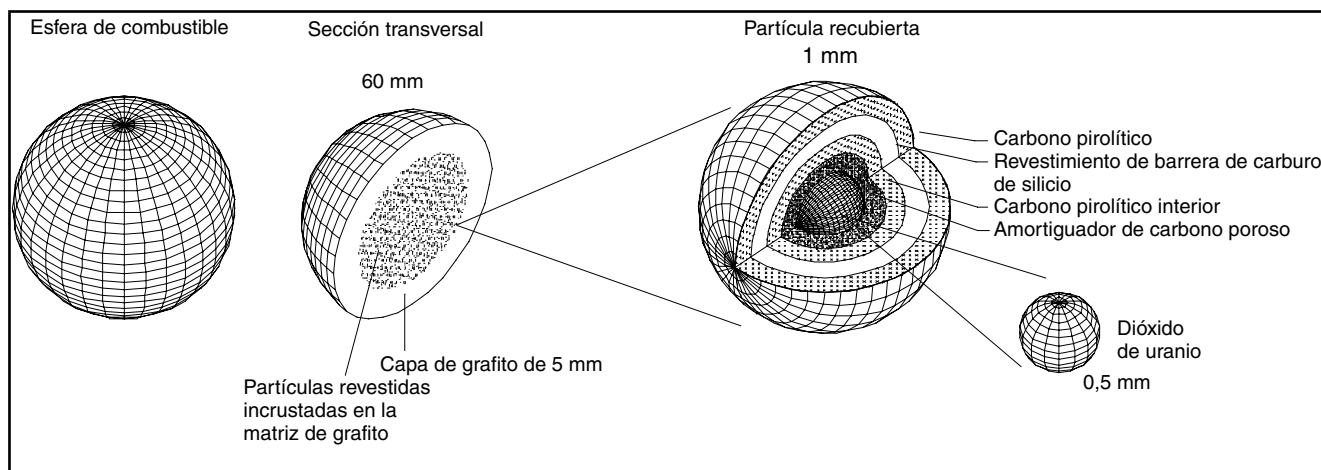
El desafío energético de Europa

La doctora Sue Ion, directora técnica de la empresa British Nuclear Fuels (BNF), que ha sido un socio importante del proyecto sudafricano, habló de “Una perspectiva europea sobre energía nuclear y el PBMR”.

“¿Podría haber un renacimiento de la energía nuclear en el Reino Unido y Europa?”, preguntó la doctora Ion. La Unión Europea es el importador de energía más grande del mundo, y la cuota importada podría aumentar de 50%, hasta tanto como 70% en las próximas décadas.

La estabilidad y seguridad del abasto de energía peligran. Ella dijo que el Reino Unido enfrenta un agotamiento gradual de sus reservas de gas y petróleo en el mar del Norte. Las reservas de gas natural del Reino Unido alcanzan para unos meros 14 días. Europa tiene actualmente 685 gigavatios (GW) de capacidad de generación eléctrica, que tienen que ampliar-

FIGURA 3

Esferas de combustible del lecho fluido

Las esferas de combustible del PBMR son partículas de óxido de uranio recubiertas por varias capas cerámicas concéntricas de alta temperatura, que “contienen” la reacción de fisión. Varias de estas micropartículas se introducen en una matriz de grafito para formar una esfera del tamaño de una pelota de tenis. (Foto: cortesía de Eskom).

se a más que 900 GW para el 2020. Al mismo tiempo, muchas de las plantas existentes son muy viejas y hay que remplazarlas, gran parte de ellas en los próximos 10 a 15 años. La condición presente del sistema de distribución eléctrica en Europa, incluyendo su capacidad limitada de interconexiones, no deja más alternativa que darle un gran impulso a la construcción de plantas nuevas.

En este ambiente, los países europeos se ven en la necesidad de considerar seriamente la función de la energía nuclear. Francia está a punto de remplazar partes importantes de su parque de reactores nucleares. En el Reino Unido, “ecologistas” de influencia tales como Hugh Montefiore y el promotor de Gaia James Lovelock se han pronunciado a favor de la energía nuclear, y estudios recientes del Instituto Británico de Ingenieros Civiles han señalado la debilidad de la energía eólica y otras así llamadas tecnologías alternativas. Finlandia está construyendo una planta nuclear nueva, y en Suiza la población votó en un referendo a favor de mantener abierta la opción nuclear, dijo Ion.

Además del problema de la generación de electricidad, tenemos que hacer algo en cuanto a los requisitos energéticos del sector transporte, que usa casi 56% de la energía en la Unión Europea, dijo. Aquí la tecnología del lecho fluido, en tanto fuente térmica para generar hidrógeno y otros combustibles sintéticos, nos ofrece “el primer gran progreso real”.

“El PBMR es una tecnología fantástica”, dijo Ion, y sería ideal para varios lugares de la propia Gran Bretaña donde unidades más pequeñas son las más adecuadas. Además, el Reino Unido podría sacarle provecho a su gran experiencia con la tecnología de reactores enfriados con gas. “Espero vivir para ver al primer PBMR funcionando aquí”, concluyó.

Fundado en un largo historial

Dieter Matzner, el gerente general de la División de Platas Eléctricas de la PBMR, detalló el proceso histórico que llevó a Sudáfrica a adoptar la tecnología del reactor de alta temperatura que desarrolló originalmente Alemania. Un punto de inflexión decisivo, irónicamente, fue la propia decisión del Gobierno alemán de discontinuar todo su trabajo en el HTR en 1990. Esta locura vino unos meses después de que el diseño básico del reactor modular HTR —que sirvió de punto de partida para el posterior desarrollo del PBMR— fuera oficialmente autorizado por la Comisión de Seguridad Nuclear de Alemania.

El inventor del HTR, el profesor Rudolf Schulten, murió de forma repentina en abril de 1995, sólo dos semanas después de haber firmado un contrato crucial con Sudáfrica para la transferencia de la tecnología del HTR. El interés de Sudáfrica en el HTR aumentó al advertir las implicaciones de la desalación de agua a gran escala para un país en gran medida árido, así como las grandes distancias que separan los enormes yacimientos de carbón del país de la mayoría de sus centros de población.

Matzner hizo hincapié en lo singular de los dispositivos de seguridad del PBMR, subrayando la diferencia entre la llamada “seguridad pasiva” de los diseños de última generación del reactor de agua ligera del EPR europeo y del Westinghouse AP-1000, por un lado, y la “seguridad intrínseca” del PBMR, por el otro. Una diferencia decisiva es que no sólo es muy improbable que el núcleo del PBMR se funda —como en el EPR y el AP-1000—, sino que es literalmente imposible.

Además, dijo Matzner, el diseño mismo del combustible

esférico, basado en encapsular partículas diminutas de combustible de fisión con recubrimientos cerámicos de alta temperatura, que es la clave de los dispositivos de seguridad intrínseca del PBMR, también brinda un empaque sin igual para los desechos nucleares. Los materiales cerámicos usados siguen siendo estables y a prueba de corrosión por millones de años. En el marco del combustible del reactor, la encapsulación cerámica impide una liberación significativa de sustancias radiactivas hasta a temperaturas de 1.000° C o más, muy por encima de las temperaturas máximas alcanzadas por el reactor, aún en el “peor de los casos” en un accidente.

Entre otras ventajas adicionales del diseño del PBMR, Matzner mencionó el comportamiento dinámico excepcionalmente favorable del reactor, que está asociado a su coeficiente de temperatura tan negativo. Esto significa que cuando la temperatura del reactor aumenta más allá de cierto grado, la eficiencia de las reacciones de fisión se desploma, lo que lleva a una reacción en cadena en la que “se apaga solo”. Esto no sólo excluye la posibilidad de una peligrosa reacción en cadena sin control, con un recalentamiento y otros efectos negativos, sino que también significa que la generación de energía del reactor en esencia puede regularse mediante el ritmo al que el sistema de enfriamiento disminuye la temperatura. Entre más rápido lo enfriamos, más energía genera el reactor; y entre menos lo enfriamos, menos calor produce, pues las reacciones de fisión desaceleran de manera automática.

La experiencia técnica de Japón

Un aspecto muy importante del sistema del PBMR sudafricano es la decisión de usar una turbina de helio de “ciclo directo” para impulsar el generador eléctrico. Prácticamente todas las centrales nucleares existentes y todas las plantas convencionales de electricidad emplean turbinas de vapor para la generación eléctrica. La altísima temperatura de operación del PBMR (500° C), el nivel sumamente bajo de liberación de radioactividad del combustible y las características del refrigerante mismo —gas de helio inerte— ofrecen la posibilidad de operar una turbina de gas con una eficiencia muy alta, al tiempo que se evitan los voluminosos y complicados permutadores térmicos de las plantas nucleares de agua ligera convencionales.

También ofrece permite una gran facilidad de reparación y mantenimiento en un ambiente de baja radioactividad.

La turbina de helio del PBMR tiene cierto parecido con un motor de propulsión a chorro; es más simple, relativamente mucho más pequeño, y tiene una densidad energética superior que las turbinas de vapor de las plantas eléctricas convencionales.

Para este dispositivo de alta tecnología, los sudafricanos decidieron aprovechar la experiencia y la pericia de la famosa Mitsubishi Heavy Industries (MHI) de Japón, uno de los principales fabricantes de turbinas del mundo, entre ellas turbinas de gas para plantas eléctricas a gas natural. Mitsubishi fue

representado en el congreso por Yoshiaki Tsukuda, gerente general de la Takasago Machinery Works de MHI.

Camino a una economía mundial basada en el hidrógeno

Willem Kriel, gerente de Programas Estadounidenses para la PBMR, presentó un panorama emocionante del potencial del sistema del HTR–PBMR como una fuente térmica de alta temperatura para procesos industriales, aplicaciones que prometen tener un impacto económico aun mayor que la generación de electricidad. Entre éstas están la producción de hidrógeno a gran escala; gas natural sintético y otros combustibles líquidos y gaseosos de carbón, petróleo u otras fuentes; calor y vapor para la recuperación de petróleo pesado y otros recursos; la desalación a gran escala; etcétera.

Kriel habló de una “nueva frontera” que se abre, cuyos síntomas son el naciente interés repentino de empresas que emplean combustibles fósiles en explorar la posibilidad de aplicar la energía nuclear para potenciar las reservas existentes de hidrocarburos. El PBMR es al presente la única tecnología existente, aparte de la combustión de combustibles fósiles, que puede proveer con economía gran cantidad de calor, en el orden de los 500° C También es la única fuente libre de dióxido de carbono. Al aplicar este calor a las fases endotérmicas en la conversión de carbón y petróleo a combustibles sintéticos, y a la producción termoquímica de hidrógeno, que es un intermediario importante de los combustibles sintéticos, será posible, en efecto, “estirar” las reservas de combustibles fósiles existente por un factor muy considerable.

El PBMR podría potenciar el gas 30%, y el carbón, 100%, al tiempo que sentaría la base para la explotación económica de vastas cantidades de arenas asfálticas que se encuentran en diferentes lugares. Los hidrocarburos recuperables de las arenas asfálticas de Canadá y Venezuela, por sí solos, excederían el equivalente de todas las reservas de petróleo de Arabia Saudita, dijo Kriel.

Así, “él que dude será el último”, dijo Kriel, señalando cinco condiciones que definen una “ventana de oportunidad” única para introducir el calor nuclear industrial en el mercado energético mundial. Para lograrlo, cualquier tecnología propuesta: 1) tiene que surgir pronto; 2) tiene que ser segura, a fin de ubicarla cerca de plantas que consuman ese calor; 3) tiene que ser económica; 4) tiene que tener el tamaño correcto, idealmente en el orden de los 400 a 500 MW térmicos; y, 5) tiene que producir las temperaturas correctas, en el orden de los 400 a 520°. Los módulos de la PBMR cumplen precisamente con estos requisitos, sin que haya ninguna competencia seria a la vista.

Kriel alabó el trabajo pionero “revolucionario” del profesor Rudolf Schulten y sus colaboradores en Alemania durante los 1960, en aplicaciones del calor industrial del HTR. Fue una lástima, dijo, que las circunstancias políticas impidieran que ese trabajo fructificara por completo. Pero, con el PBMR, “la energía nuclear por fin ha roto los grilletes de sólo poder generar electricidad”.

Junto con el esfuerzo en completar la demostración del PBMR para la generación de electricidad, ya se prepara una planta piloto para la aplicación del calor industrial en coordinación con una variedad de usuarios industriales potenciales, incluso de la industria petroquímica. Kriel habló de “tres a cuatro aplicaciones a corto plazo” que potencialmente podrían involucrar una “gran cantidad” de módulos PBMR. Los módulos en cuestión estarían “dedicados” a la generación de calor, y no necesitarían el elaborado sistema de conversión térmica a electricidad del PBMR de generación eléctrica.

Al mismo tiempo, ya está trabajándose en abordar los detalles de ajustar la generación de calor del reactor a las diferentes características de las plantas consumidoras. En la primera instalación de demostración participará un consorcio de clientes industriales. La tecnología de intercambio térmico y de reactor químico requerida puede desarrollarse y probarse de forma paralela, separada del reactor nuclear, usando otras fuentes de calor, dijo Kriel.

Hay entre “tres y cuatro proyectos posibles” en el corto plazo, afirmó Kriel, y la prioridad ahora es seguir adelante con la planificación y el desarrollo técnico completo en 2007–2012, y tener plantas piloto funcionando para 2015, que sería la fecha para el “despegue comercial” de los PBMR de generación de calor industrial.

Educando a una fuerza laboral africana joven

Thabang Makubire, gerente general de la División de Plantas de Combustible de la PBMR, llevó a sus oyentes por el fascinante proceso de producción de los elementos de combustible esférico —el lecho fluido—, que constituyen el núcleo de la tecnología del PBMR. Primero se forman microsferas con una solución que contiene uranio enriquecido en boquillas especiales, y luego se cristalizan y calcinan a altas temperaturas, produciendo “pepitas” diminutas de dióxido de uranio de 0,5 milímetros de diámetro. Éstas pasan entonces por un horno de eliminación de vapor químico a temperaturas de 1.000° C, donde son revestidas con capas sucesivas de carburo de silicio cerámico y carbono pirolítico.

El resultado es una partícula recubierta y sellada herméticamente de poco menos de 1 milímetro de diámetro, que es muy dura y resistente a las altas temperaturas. Este recubrimiento múltiple constituye una barrera prácticamente infalible que impide la liberación de los productos de la fisión radiactiva que se generan en la “pepita” de uranio a resultados de las reacciones nucleares. Aproximadamente 15.000 de estas partículas recubiertas se mezclan entonces con polvo de grafito y resina, y se comprimen en la forma de una esfera de unos 6 centímetros de diámetro, cubierta con una capa adicional de carbón puro (grafito) como “amortiguador”, y por último se sinterizan, templan y labran a máquina hasta alcanzar una dureza extrema.

El núcleo del módulo PBMR —del lecho fluido— consiste de entre 450.000 y 500.000 de estos elementos de combustible del tamaño de una pelota de tenis. En el transcurso de la

operación, la carga de combustible va renovándose y reciclándose de manera constante, conforme las esferas de combustible se introducen gradualmente al núcleo de forma anular desde arriba, y se retiran por abajo. Cada esfera combustible pasa unas seis veces por el núcleo, midiéndose el grado de “combustión” cada vez.

Como éste es un proceso de abasto continuo de combustible, ya no es necesario cerrar el reactor a intervalos frecuentes (18 a 20 meses) para recargarlo, como pasa en las nucleoelectricas convencionales. Una planta piloto de producción de combustible ya está en operación, y ha producido un lote pequeño de 81 esferas de combustible que ahora están probándose en Rusia en las condiciones de un reactor.

Está programado que se comisione la construcción de una planta de combustible a gran escala en 2008 o 2009. Entre tanto, los sudafricanos están usando la planta piloto para capacitar al equipo técnico que trabajará en la planta comercial. Esto, como destacó Makubire, es parte de una política más amplia de la PBMR y el Gobierno sudafricano para usar el programa nuclear como un motor del desarrollo de la fuerza laboral, centrado en la llamada “localización” de la producción, e involucrando en el proceso a jóvenes africanos, quienes son la clave del futuro del país.

El papel decisivo de las instituciones de gobierno

La conferencia culminó con una presentación de Mukesh Bhavan, vicepresidente ejecutivo de la Corporación de Desarrollo Industrial (IDC) de Sudáfrica, propiedad del Estado pero autofinanciada, y con los comentarios finales del presidente de la PBMR, Jaco Kriek.

Bhavan señaló que el papel que ahora desempeña la IDC en el financiamiento del proyecto del PBMR continúa una tradición larguísima de apoyo a los proyectos que el gobierno identifica como estratégicos, dirigidos al desarrollo de la industria de Sudáfrica. Una historia exitosa decisiva fue la creación de SASOL, el gigante químico que está a la vanguardia mundial de la producción de gasolina y otros hidrocarburos basados en el carbón. En la actualidad las plantas de carbón licuado de SASOL producen cerca de un tercio de la gasolina y el diésel que Sudáfrica consume. La tecnología desarrollada en torno a SASOL ha producido “derivados fenomenales” para la industria y la economía del país en general, dijo Bhavan, y “prevemos lo mismo para el PBMR”. La IDC también está financiando cada vez más proyectos industriales en otros países africanos.

Como un proyecto estratégico nacional del Gobierno sudafricano, el PBMR ciertamente parece estar camino al éxito, recordándonos la suerte de cosas que EU y algunos otros países solían hacer tan bien, antes que se impusiera la demente ideología radical del “libre mercado”. ¿Será momento de reconsiderar?

Entre tanto, Sudáfrica está en la cuenta regresiva para poner en operación su primer reactor modular de lecho fluido.

—Traducción de Manuel Hidalgo.