

REACTOR IAN-R1 DEL INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES
DE COLOMBIA -- 6 AÑOS DE OPERACION,

Jaime Toro Gutiérrez.

Instituto de Asuntos Nucleares - Bogotá, Colombia.

R E S U M E N

En este trabajo se presenta una relación esquemática de las experiencias adquiridas en la operación, mantenimiento y utilización del Reactor IAN-R1 después de más de 6 años de funcionamiento y se exponen algunos criterios sobre los aspectos antes mencionados, que se consideran de utilidad para aquellos países o entidades que proyectan iniciarse en el campo de la utilización de reactores de baja potencia.

THE IAN-R1 REACTOR AT THE COLOMBIAN INSTITUTE OF
NUCLEAR AFFAIRS -- SIX YEARS OF OPERATION

J.T. Gutiérrez
Institute of Nuclear Affairs, Bogotá, Colombia

ABSTRACT

The paper presents a schematic report on the experience gained in the operation, maintenance and use of the IAN-R1 reactor after more than six years of working, and in connection therewith establishes some criteria which may be of value to countries or institutions planning to enter the field of low-power reactors.

INTRODUCCION.

La descripción completa del Reactor IAN-R1, se encuentra en la información que se envió para su publicación en el Diccionario de Reactores que edita el Organismo Internacional de Energía Atómica y aparece en las páginas 43 a 48 del volumen VIII de 1.970. A continuación se dan algunas de las características principales, con el fin de que se tenga una idea general del instrumento a que me voy a referir :

REACTOR IAN-R1

Potencia :	20 kW térmicos
Propósito :	Investigación y enseñanza
Tipo :	Piscina
Combustible :	Uranio enriquecido al 90% en U-235
Moderador :	Agua liviana
Refrigerante :	Agua, convección natural
Reflector :	Grafito.

Características del Núcleo.

Forma y dimensiones :	Paralelepípedo de aproximadamente 12 pulg. x 12 pulg. x 24 pulg. de alto.
Número de elementos :	16 elementos combustibles colocados en un arreglo de 4 x 4. De ellos, 13 son estandar (10 placas) y 3 parciales (6 placas). Los combustibles están rodeados por 20 elementos de grafito que sirven como reflector y son de la misma forma y dimensiones que los elementos combustibles.
Carga del núcleo o la potencia de trabajo :	2.182 gramos de U-235
Elemento Combustible.	
Forma y composición :	Tipo MTR, placas planas. Aleación U-A1.

Dimensión de cada placa : 0.06 x 2.76 x 25.12 pulg.
Revestimiento (cladding) : Espesor 0.020 pulg. A1 1100.
Recipiente del Reactor.

Forma y dimensiones : Se trata de un tanque de hierro de $\frac{1}{4}$ de pulg. de espesor, de forma cilíndrica; diámetro 6.5 pies; alto 17.33 pies.

Blindaje : El tanque de la piscina está rodeado por concreto ordinario, de 7 pies en su parte más ancha. Por la parte superior el blindaje es el agua. Aprox. 13 pies.

Facilidades de irradiación : 2 tubos de haces que llegan hasta el reflector. Diámetro útil: 6.065 pulg. 6 agujeros para irradiación de muestras de 1 pulg. diámetro x 24 pulg. de largo. 1 sistema neumático.

OPERACION.

El Reactor IAN-R1 fue llevado por primera vez a criticidad el 20 de Enero de 1.965, fecha desde la cual viene trabajando ininterrumpidamente hasta ahora, con la única excepción de algunas paradas voluntarias para mantenimiento y a las cuales he de referirme posteriormente.

En los libros que llevamos de registro de operación, figuran los siguientes datos que se consideran de interés: Se trabajó a una potencia inicial de diseño de 10 kilovatios térmicos hasta el 12 de Junio de 1.967, fecha en la cual comenzó a operarse a la potencia actual de 20 kilovatios. Debo anotar aquí que efectuamos algunas corridas por corto tiempo a 40 kilovatios, pero no quisimos insistir en hacerlo, en vista de que se presentaron problemas de calentamiento en el agua de refrigeración y consecuentemente en el tanque metálico que sirve de recipiente, tanque que, a su vez, como se vió en la descripción, está rodeado por concreto como material de blindaje. El problema principal consistió en que se empezó a notar un ligero agrietamiento en el concreto, el que atribuimos a la diferencia

de dilatación térmica entre el tanque de hierro y el concreto. Naturalmente este problema es fácil de solucionar, simplemente reemplazando el intercambiador de calor actual por uno de mayor eficiencia.

El total de kilovatios hora trabajados hasta la fecha es de 69.067, lo que implica que a una potencia promedio de 15 kilovatios, en el IAN-R1 se ha operado unas 4.600 horas, lo que a su vez significa un promedio de 700 horas por año.

El personal necesario para la operación de nuestro reactor es muy reducido. Consta de un supervisor (Ingeniero con buenos conocimientos en Ingeniería de Reactores); dos operadores de nivel técnico y un Ingeniero Electrónico para mantenimiento y reparación de la instrumentación, que por supuesto no es de ocupación permanente en el reactor, sino que atiende también a otros problemas de esa índole que se presentan en los demás equipos de la Institución. De la misma manera conviene anotar que el IAN tiene en su nómina, permanentemente, dos Ingenieros calificados como supervisores, pero solamente uno de ellos está asignado al reactor de tiempo completo; el otro cumple funciones diferentes, pero está disponible para asegurar una operación continuada ante cualquier falla eventual del otro supervisor.

En las diferentes reuniones internacionales que se han efectuado, con el fin de discutir problemas de operación de reactores de investigación, se han podido notar entre los expertos que a ellas asistieron, dos tendencias claramente definidas. Unos opinan que es muy conveniente establecer rígidos procedimientos de operación que reduzcan al mínimo los posibles riesgos inherentes a los reactores. Otros, en cambio, arguyen que este sistema presenta la dificultad de que se disminuye la necesaria flexibilidad que exige la investigación.

Nuestro reactor posee una serie de circuitos convencionales de seguridad que producen un apagado instantáneo del reactor ante ciertas circunstancias anormales. Por otra parte, el escaso exceso de reactividad (0.6% k/k) hace que el máximo accidente probable no alcance mayores consecuencias. En efecto, con un coeficiente negativo de temperatura de 1.9×10^{-4} k/k por grado centígrado, el exceso de reactividad de 0.6% k/k, será anulado cuando la temperatura promedio del agua alcance

un aumento de 31,6 grados C. Si se supone que el núcleo tenga una temperatura inicial de 35 grados C., la temperatura de equilibrio será aproximadamente de 66,6°C; obviamente no puede ocurrir la fusión del combustible. Estos pocos datos que se dan a título de ejemplo, muestran que el Reactor IAN-R1 es inherentemente seguro.

Sin embargo, en el Instituto hemos adoptado la tendencia de procedimientos rígidos de operación, por considerar que cualquier accidente, por pequeño que sea, puede traer consigo ciertas resistencias al necesario desarrollo de la utilización de la energía nuclear para fines pacíficos en Colombia.

MANTENIMIENTO.

El Reactor IAN-R1 se opera normalmente once meses en el año, de lunes a viernes cada semana, empezando el 15 de enero hasta el 15 de diciembre, aproximadamente.

Las mañanas de todos los lunes se utilizan para efectuar un mantenimiento preventivo que consiste principalmente en la revisión y calibración de los instrumentos de consola, prueba de los circuitos de seguridad, limpieza del tanque de agua que contiene el núcleo del Reactor, revisión del sistema de procesamiento del agua y del sistema neumático.

Se lleva un libro de mantenimiento correctivo en el cual se anotan todas las reparaciones que se hacen, lo cual a la larga resulta de mucha utilidad porque permite conocer cuáles son los daños más frecuentes y, en consecuencia, tener provisión oportuna de los correspondientes repuestos. En nuestro caso, que creo es común a otros países latinoamericanos, no existen fábricas de partes electrónicas como semiconductores, tubos, resistencias o condensadores especiales; por lo tanto, la solución de cualquier problema en la instrumentación electrónica, no depende de la localización del daño, ya que tenemos ingenieros con buena preparación en el campo, sino de que se tenga a mano el repuesto necesario, pues los trámites de importación son generalmente lentos.

Puede decirse, de manera general, que cuanto más pento sea el Reactor más compleja es su instrumentación, lo que hace más difícil mantener un completo surtido de repuestos para asegurar su operación continua.

En reactores relativamente pequeños, como el IAN-R1, es política recomendable y no muy gravosa, tener unidades repetidas de la instrumentación más compleja. Nosotros, por ejemplo, tenemos duplicado de los equipos de consola y de algunos otros dispositivos que no se consiguen en el comercio local. Esto nos ha dado muy buenos resultados, hasta el punto de poder afirmar que no hemos tenido paradas mayores de una semana por reparaciones, en más de seis años de trabajo de nuestro reactor.

La reparación de daños electromecánicos es menos problemática pues, por lo general, toda instalación nuclear dispone de buenos talleres, o si no, tales daños pueden solucionarse en los talleres que se encuentran en la localidad.

La vida efectiva de los elementos combustibles en el reactor IAN-R1 no depende, como es obvio, del quemado de los mismos (burn up). Los kilovatios-hora trabajados hasta el momento indican que el consumo de U-235 en todo este tiempo es aprox. (3) tres gramos. La duración de los elementos combustibles dependió entonces de la corrosión fundamentalmente, y ésta a su vez, está muy relacionada con la pureza del agua del tanque del reactor. Los fabricantes de IAN-R1 indican que la velocidad de corrosión del "cladding" es menor de una milésima de pulgada por año, en agua desmineralizada a 50°C. y que, por lo tanto, puede esperarse una vida de 6 a 8 años, controlando continuamente la temperatura del agua desmineralizada y manteniendo ésta con una resistividad mayor de 330.000 ohm-cm. La predicción anterior se ha cumplido y nosotros esperamos alcanzar una mayor duración debido a que siempre hemos trabajado a temperaturas inferiores a la señalada y a una resistividad de más de 500.000 ohm-cm.

Normalmente se analiza cada mes una muestra de agua del reactor, en un analizador gamma de 400 canales, en busca de productos de fisión, como indicio para conocer el estado de los combustibles.

De la misma manera, cada año, cuando se cambia el cartucho de resinas mezcladas del sistema de procesamiento del agua del reactor, se les hace espectrometría gamma. Los resultados, hasta ahora, han sido negativos en cuanto a productos de fisión. Se han encontrado algunos picos correspondientes a Co-60, Cr-51 y Nb-24, que estimamos pueden provenir de los materiales estructurales.

El período de un mes, entre el 15 de diciembre y el 15 de enero, correspondiente a las vacaciones del personal del Instituto, lo utilizamos para mantenimientos prolongados, como pintura general, revisión completa de los equipos, etc. Por otra parte aprovechamos el enfriamiento de un mes del combustible para medir la actividad de algunos elementos y saber así que actividades tenemos que manejar cuando sea necesario hacer reparaciones en el fondo del tanque.

UTILIZACION.

Cualquier país o entidad que no tiene tradición en la utilización de reactores, debe preocuparse inicialmente por hacer una labor de divulgación con el fin de que los posibles usuarios conozcan con alguna precisión las facilidades experimentales de que disponen y puedan hacer una programación consecuente. Por esto, cuando se puso en operación el IAN-R1, se redactó y distribuyó un folleto publicado con el nombre de "Guía de Irradiación en el Reactor IAN-R1", en el cual se dan explicaciones claras y sencillas de los procedimientos a seguir para la irradiación de materiales, se señalan las dimensiones de los recipientes que se utilizan para la introducción de muestras, se indica la disponibilidad de flujo neutrónico en cada uno de los lugares de irradiación, etc.

El reactor de nuestro Instituto ha tenido aplicaciones varias que ya han sido presentadas en otras reuniones internacionales, por lo cual en esta ocasión no voy a hacer una relación detallada de las mismas.

Una de las principales aplicaciones ha sido el análisis por activación. En este campo se han hecho algunas determinaciones, entre las cuales podría mencionar las siguientes: análisis de Se y Te en azúfres colombianos; potasio, cloro y manganeso, en semillas de trigo, cebada y maíz; vanadio en petróleos; yodo en muestras de orina.

Uno de los últimos trabajos en análisis por activación ha sido la puesta a punto de la técnica de determinación de uranio en minerales, por el método de conteo de los neutrones retardados (delayed neutrons), descrito inicialmente por el Dr. Saadia Amiel, de Israel. Esta técnica ha sido de mucho interés para la Entidad para atender el análisis permanente de las muestras de minerales colectados por nuestra Sección de Prospección Geológica. El estudio se adelantó con la asesoría técnica del Dr. Werner Back-Werthman, experto enviado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, y en la actualidad se hace de manera rutinaria.

A pesar del relativamente bajo flujo neutrónico de nuestro reactor y mediante la construcción de un blindaje especial para disminuir el fondo, diseñado por el mencionado experto y construido en el Instituto, se pudo alcanzar una sensibilidad satisfactoria, del orden de partes por millón. Se han efectuado comparaciones con muestras analizadas por fluorimetría y los resultados han concordado convenientemente.

Con miras a la utilización de isótopos estables como trazadores en hidrología, se viene trabajando en la sensibilidad de la determinación de Br en agua, por análisis por activación, cuyos detalles serán presentados por otro funcionario del IAN en este certamen.

Con un reactor como el IAN-R1 de 20 kilovatios térmicos y flujo promedio de 10^{11} , no es posible pensar en un programa intensivo de producción de isótopos. Por ejemplo, para producir 20 milicurios de I-131, uno de los radioisótopos más frecuentemente utilizados en medicina, sería necesaria la irradiación de 100 gramos de ácido tánico por aproximadamente 90 horas continuas, lo cual resulta sumamente gravoso.

Sin embargo, hemos venido utilizando el IAN-R1 en la producción de algunos radioisótopos de vida media corta, para aplicaciones industriales (Au-198 Na-24, Br-82); pequeñas cantidades de P-32 en experimentos agrícolas de invernadero; y otros como Mo-99 para investigaciones de tipo químico. También se irradian semillas de oro para implantación hipofisiaria en el Instituto Nacional de Cancerología de Bogotá.

En el campo de la docencia el IAN-R1 nos ha sido muy útil en los cursos que sobre técnicas nucleares dictamos frecuentemente para diferentes universidades del país, lo mismo que en los cursos internacionales que se han efectuado en el Instituto.

CONCLUSION.

Para terminar, quiero resumir algunas de las ventajas que representa la adquisición y utilización de reactores, de potencia semejante a la del IAN-R1.

1o. Relativamente bajo costo inicial. En efecto, el costo de un reactor depende mucho de la potencia del mismo. Es natural que la complejidad de la instrumentación sea mayor cuanto mayor sea la potencia; igual cosa puede decirse para el blindaje y para el sistema de procesamiento del agua en el caso de los reactores de piscina. De la misma manera, el consumo de combustible por quemado (burn up) es menor, cuanto menor sea la potencia, y por lo tanto, el reaprovisionamiento de combustible, que es un factor que incide en el aumento de los costos de operación, es menos frecuente.

2o. La sencillez de la instrumentación que permite que reactores de este tipo requieran poco personal para su funcionamiento, lo mismo que el detalle del combustible, antes señalado, conducen a que la operación y mantenimiento tengan costos significativamente menores.

3o. La preparación de personal para manejo del reactor, es mucho más fácil y requiere un tiempo más corto. Con excepción del autor de este trabajo, quien hizo su entrenamiento de Supervisor en el Centro Nuclear de Puerto Rico, los operadores y supervisores que han venido actuando en el IAN-R1, han sido entrenados en el Instituto.

4o. La seguridad inherente a reactores como el IAN-R1, favorece la iniciación sin mayores riesgos, de una programación interesante en la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos.

La desventaja ya anotada, de que con un reactor de baja potencia, no se puede pensar en la producción de isótopos radiactivos, por ejemplo para uso médico, cuya demanda es cada vez más intensa, podría y debería solucionarse con una política de integración ya común en otros campos. Es decir, obteniéndolos en países vecinos que ya tienen instalados reactores con características apropiadas para la producción de radioisótopos. Esto sería igualmente benéfico para ellos porque ampliarían sus mercados y podrían, mediante un mayor volumen de producción, rebajar los costos.

Comprendo que la selección apropiada de un reactor depende fundamentalmente de las peculiaridades de los programas que con él se piensen llevar a cabo. No obstante, espero que las experiencias aquí consignadas en la operación de nuestro reactor IAN-R1, que para nosotros han resultado ampliamente satisfactorias, sean de alguna utilidad en los países o entidades que piensen iniciarse en la utilización de reactores nucleares.