



Aumento de la Potencia de Diseño de la CENTRAL NUCLEAR ATUCHA

por Néstor Peirone



*Barras de comando
de elementos combustibles
del Núcleo de Atucha.*

I. - Antecedentes

Durante los días 17 y 18 de diciembre de 1974 se realizó una operación de prueba en la Central Nuclear Atucha (CNA) con la potencia incrementada en 8 % respecto de su valor nominal de diseño. El funcionamiento del sistema durante esta prueba y los datos obtenidos permitieron alentar la posibilidad de operar en forma permanente con la potencia incrementada. Para lograr estos dos requisitos eran esenciales:

- a) observar el comportamiento de los elementos combustibles durante un lapso prolongado de operación al 100 % de la potencia nominal P_N ;
- b) efectuar una detención de la CNA por un lapso mínimo de 4 semanas a fin de realizar las modificaciones necesarias para el aumento de potencia.

La segunda condición implicaba escoger el momento adecuado para la detención de acuerdo a las reservas existentes en el sistema eléctrico interconectado y al requerimiento de disminuir al mínimo posible la indisponibilidad de la CNA. Por lo tanto se decidió la realización de las tareas necesarias para el aumento de potencia coincidiendo con la detención para revisión general

- La potencia térmica de la Central Nuclear Atucha fue elevada de 1100 MW a 1179 MW. A la temperatura de diseño del agua refrigerante corresponde una potencia eléctrica de 345 MW, que representa un aumento del 8,16 % frente a la potencia eléctrica nominal neta contractual de 319 MW.

Las tareas para efectuar el aumento de potencia fueron ordenadas en tres fases:

- A) Montaje y reparaciones.
- B) Comportamiento operativo.
- C) Instrumentación interna del núcleo y computación de procesos.

Se describe sucintamente el desarrollo de estas tareas y la performance posterior de la Central con la potencia incrementada.

El doctor Néstor Peirone estudió y se graduó en Física en el Centro Atómico Bariloche y actualmente se desempeña en el Departamento de Ingeniería y Planificación de la Central Nuclear en Atucha. Casado. Dos hijos.

de la Central programada para principios de 1977.

II. - Factibilidad del aumento de potencia

La firma proveedora de la CNA presentó en noviembre de 1975 el informe técnico que demostraba la factibilidad de operar al 108 % de potencia, referido a una potencia neta de diseño de 319 MW eléctricos. Resultó decisivo para este estudio el comportamiento satisfactorio de los elementos combustibles y el escaso número de defectos encontrados en los mismos durante el funcionamiento anterior de la CNA.

En el informe de factibilidad se analizaron los siguientes aspectos:

- 1) El valor de diseño de la densidad térmica lineal de los elementos combustibles:

$$q'_{\text{máx. local}} = 600 \text{ W/cm}$$

no se supera al incrementar la potencia, debido a la aplicación de un adecuado programa de recambio de los elementos combustibles. Este programa de recambio garantiza que se conserva la misma distancia a la ebullición ("departure from nucleate boiling" = DNB) y además la temperatura máxima en el combustible (1.200°C) no se superaría en el caso del máximo accidente creíble (pérdida del medio refrigerante). La curva de distribución de potencia para el 108 % P_N no puede obtenerse desplazando paralelamente la correspondiente al 100 % P_N , pues llevaría a superar los valores límites impuestos por las condiciones anteriores. La distribución para la potencia incrementada debe ser más aplanada, lo que implica una disminución del quemado de extracción de los elementos combustibles de aproximadamente:

$$50 \text{ MWd/T por } \% \text{ de aumento de potencia.}$$

- 2) En el caso del accidente máximo creíble, la entalpía liberada correspondiente al 108 % P_N resultaría:

$$258.859 \cdot 10^6 \text{ KJ}$$

Este valor resulta inferior al de diseño del recipiente de contención del reactor:

$$260.483 \cdot 10^6 \text{ KJ}$$

- 3) El recipiente de presión del núcleo y los cierres de los canales de refrigeración no se ven afectados por el incremento de temperatura

asociado con la mayor potencia de operación.

- 4) El aumento de la frecuencia de utilización del sistema de transporte de elementos combustibles (para compensar el mayor consumo y el aplanamiento de la distribución de flujo) no afecta a sus componentes (máquina de carga, botella basculante, etcétera).
Dado que al 100 % P_N el quemado de equilibrio es 6.000 MWd/T operando al 108 % P_N se tiene una variación de la frecuencia de recambio:

$$1,08 \cdot \frac{6.000}{6.000 - 50 \cdot 8} = 1,14$$

con- aplanamiento
sumo flujo

es decir, un aumento del 14 %.

- 5) Las superficies de intercambio de los generadores de vapor poseen suficiente reserva como para soportar el incremento de potencia.
- 6) Los valores límites para la regulación de potencia y el programa de movimiento de las barras de control deben ser ajustados para la nueva condición operativa.
- 7) El incremento de carga resulta admisible en operación permanente para el transformador de bloque, la turbina y el generador.
- 8) Se hace necesaria la instalación de un dispositivo adicional de refrigeración para aumentar la corriente nominal del interruptor del generador.
- 9) Las bombas y válvulas de regulación en el circuito de alimentación de agua no tienen inconvenientes para cumplir con los requerimientos del 108 % P_N .
- 10) El incremento requerido de agua de condensado se logra mediante la introducción de una válvula reguladora de desvío.

III. - Requerimientos técnicos

El 30 de julio de 1976 se fijó contractualmente con la firma proveedora de la CNA la realización del aumento de potencia. Se acordó que la potencia térmica del núcleo del reactor debía elevarse a 1.179 MW. A la temperatura de diseño del agua refrigerante de 17°C, corresponde una potencia eléctrica neta de 345

MW. Entre los requisitos técnicos necesarios para proceder al aumento de potencia, pueden mencionarse los siguientes:

- A) Antes de proceder a aumentar la potencia debía haber tenido lugar la redistribución de potencia mediante el apropiado programa de recambio de elementos combustibles. El lapso necesario para efectuar los recambios hasta alcanzar los nuevos valores requeridos se estimó en 4 semanas de operación a plena carga.

- B) La instrumentación interna del núcleo incluye detectores de neutrones del tipo auto-propulsado, dispuestos dentro de tubos ("lanzas") ubicados en forma paralela al eje del reactor.

Los detectores están fijados a distintas alturas de manera de proveer información en varios planos axiales. Las lanzas "largas" contienen cada una 7 detectores y las lanzas "cortas" 3 detectores.

Estas últimas supervisan la distribución axial de potencia en la zona central del núcleo, las restantes en la zona periférica.

Debido a la modificación en la distribución de potencia, para el funcionamiento del reactor con la potencia aumentada se requería una instrumentación interna del núcleo para el flujo de neutrones compuesta por lo menos de 4 lanzas largas y 1 corta. Por razones de disponibilidad se debían instalar 5 largas y 1 corta.

- C) Otra parte de la instrumentación interna del núcleo incluye termoelementos de medición de temperatura de salida del agua pesada refrigerante en 28 de los 253 canales de irradiación. En base a las lecturas se determinan las potencias térmicas correspondientes a cada canal instrumentado y la distribución radial de las mismas. Para verificar el aplanamiento en la distribución de potencia, antes mencionado, era necesario contar con la totalidad de las indicaciones de temperatura, por lo que se debían reemplazar los termoelementos defectuosos en los canales instrumentados.

- D) El diseño original de la CNA previó la utilización de 2 barras de regulación con una zona central de material ab-

sorbente ("barras parciales"), cuya finalidad era corregir eventuales distorsiones en la distribución axial de potencia (asimetrías debidas al envenenamiento local por Xenón y/o posiciones de otras barras de control). La experiencia durante la marcha del reactor demostró que estas correcciones no eran necesarias en la práctica y se operaba manteniendo las barras parciales en el límite superior del recorrido.

En caso de producirse la caída accidental de una barra parcial durante la marcha del reactor, se tendría un efecto pequeño sobre la reactividad que sería compensado por las otras barras de control. Pero en el transcurso de algunas horas podría distorsionarse localmente la distribución de potencia de tal manera de provocar daños en los elementos combustibles. Este efecto sería más grave si se presentase cuando la instrumentación interna de flujo neutrónico estuviese fuera de servicio, situación a la que se llegó anteriormente debido a la falla de los detectores autopropulsados originalmente colocados en el núcleo.

En tal caso las distorsiones locales de la distribución de potencia prácticamente no podrían ser advertidas por el personal de operaciones para adoptar las medidas correspondientes.

A fin de evitar esta situación peligrosa, tanto con potencia nominal como con potencia incrementada, debía efectuarse el bloqueo de las barras parciales para asegurar su permanencia en la posición superior del recorrido.

IV. - Desarrollo de las tasas

Se acordó efectuar el aumento de potencia después de la parada programada de revisión general que debía comenzar el 7/1/77. Un daño en el transformador principal, causado por la caída de un rayo, llevó a decidir adelantar la fecha de iniciación de la revisión general al 27/12/1976.

Mientras se realizaban los trabajos de revisión, se ejecutaron también las tareas programadas para el aumento de potencia que no requerían el funcionamiento del reactor.

Con el sistema en estado frío, subcrítico y nivel reducido de agua pesada se efectuó el reemplazo de los termoelementos y de las lanzas detectoras de neutrones. Cada una de estas tareas demandó aproximadamente 5 días de trabajo.

Con el sistema en estado frío, subcrítico y nivel normal de agua pesada, se realizaron las siguientes tareas, para las que se indican entre paréntesis en días (d) el tiempo aproximado requerido:

- Instalación de la refrigeración adicional del interruptor del generador (7 d).
- Instalación de mediciones adicionales para la determinación de potencia (3 d).
- Verificación de las mediciones necesarias (14 d).
- Ajuste del valor de ebullición en la protección del reactor (1 d).
- Ajuste del valor de consigna del generador para la regulación del flujo neutrónico (1 d).
- Reajuste de la potencia del generador para la caída parcial de barra (1 d).
- Ajuste de las líneas características del nivel del presurizador (1 d).

- Medición de las resistencias de aislamiento en los detectores de neutrones (2 d).

- Modificación de programas en el computador de procesos (potencia reactor, factor de asimetría, envenenamiento por Xenón, potencia canales) (1 d).

La realización de este grupo de tareas demandó aproximadamente 14 días, con una programación que previó la ejecución simultánea de los trabajos en los casos posibles.

Las tareas siguientes se efectuaron con el sistema en estado caliente y subcrítico, y luego en estado crítico, pero aún sin utilización del transformador.

Con el sistema subcrítico e isotérmico a 200°C se realizó:

- Registro del estado isotérmico y evaluación (1 d).
- Verificación de los canales de medición de temperatura y ajuste (1 d).

Este grupo de tareas se repitió para el estado subcrítico e isotérmico a 255°C.

Con el sistema crítico al 30 % P_N se efectuó:

- Determinación de la potencia ($\frac{1}{2}$ d).
- Medición de las señales de flujo

EDITORIAL CIENTIFICA MEXICANA

**Afiliada a Elsevier, Holanda, solicita
JEFE PARA SU OFICINA EN BUENOS AIRES**

que se haga cargo de la búsqueda en Sudamérica de autores de obras científicas (Medicina, Enfermería, Odontología, Psicología, Veterinaria, Agricultura y Química) para su publicación en español.

Esta persona deberá tener, preferentemente, un título universitario y previo conocimiento en el ramo editorial científico.

Sueldo según aptitudes. Favor de enviar "Curriculum Vitae" detallando pretensiones de sueldo, etc., y foto reciente a:

DR. GUSTAVO SETZER MUNGUIA
Editorial El Manual Moderno, S.A.
Av. Sonora 206.
MEXICO 11. D. F.

neutrónico interno (prenormalización) ($\frac{1}{2}$ d).

Una nueva determinación de potencia se realizó al 50 % P_N . Esta última serie de mediciones (entre el estado isotérmico a 200° C y el crítico al 50 % P_N) insumió 6 días aproximadamente.

La prosecución del programa se hizo con el transformador en uso, una vez efectuada la sincronización a la red de consumo el 25/4/77, con las siguientes tareas:

- Rechazo de carga desde el 50 % P_N .
- Determinación de potencia al 70 % P_N .
- Rechazo de carga desde el 75 % P_N .

La detención de una bomba de alimentación y falla en la conmutación a bomba de reserva (hechos ajenos a los trabajos de aumento de potencia) provocaron la salida de servicio de la CNA el 26/4/77. Se sincronizó nuevamente a la red el 28/4/77, prosiguiendo el programa con las siguientes tareas realizadas al 100 % P_N :

- Determinación de la potencia con temperatura normal del moderador y barras de control en posiciones idénticas al caso considerado en el cálculo para normalizar las lecturas de los detectores (posición de barras A) (1 d).
- Medición de las señales de los detectores internos, Xenón en equilibrio, posición de barras A (1 d).
- Normalización detectores: ajuste de las lecturas con los resultados del cálculo (1 d).
- Registro de temperaturas internas, posición de barras A (1 d).
- Corrección de programas en el computador (potencia reactor, potencia canales) (1 d).
- Determinación de la potencia con temperatura normal del moderador y otra posición de barras (posición de barras B); repetición de las tareas realizadas para el caso de posición de barras A (1 d).
- Determinación y ajuste de la componente térmica para adecuarla al 108 % P_N (1 d).

El día 6/5/77 a las 10.15 hs. comenzó a elevarse carga, alcanzan-

do el 108 % P_N a las 11.45 hs. aproximadamente, correspondiente a una potencia bruta de:

367 MW eléctricos

El programa continuó con la realización de las siguientes tareas:

- Determinación de la potencia para temperatura normal, máxima y mínima del moderador (4 d).
- Mediciones para verificar la componente térmica del flujo corregido (1 d).
- Verificación del límite de ebullición a temperatura normal del moderador (1 d).
- Rechazo de carga a consumo propio (1 d).
- Medición de la reactividad y de la distribución de potencia al elevar carga (1 d).
- Medición de la reactividad y de la distribución de potencia en un ciclo (100-75-100) % $P_{(nuevo)}$ (1 d).
- Verificación del ajuste del valor de consigna del generador para la regulación del reactor (1 d).
- Verificación de las nuevas líneas características del valor de consigna del presurizador (2 d).
- Medición de las señales de los detectores internos (1 d).
- Registro de las temperaturas y potencias de los canales de medición (1 d).
- Registro de datos para los programas del computador (1 d).

V. - Performance posterior de la Central con la potencia incrementada

El 15/5/1977 se dieron por finalizados los ensayos programados y la CNA continuó operando desde entonces con la potencia incrementada.

El día 21/7/77 se produjo una salida de servicio debido a una pérdida de agua pesada en el circuito del moderador. Hasta el momento de la detención se llevaban cumplidos 84 días ininterrumpidos de operación desde el arranque del 28/4/77, que precedió al aumento de potencia.

Durante ese período no se observó ninguna anomalía en la instalación que pudiera atribuirse al funcionamiento con la potencia incrementada. Respecto de efectos a corto plazo lo mismo puede concluirse de la performance posterior de la CNA, que fue afectada por detenciones originadas en fallas no relacionadas con el incremento de potencia.

Eventuales efectos a largo plazo provocados por el aumento de potencia, por ejemplo alteraciones en la distribución de la corrosión en el medio primario debido a las modificaciones en las condiciones termodinámicas del medio, son objeto de observaciones y evaluaciones sobre un período más amplio de operación de la CNA.

La programación de las tareas para el aumento de potencia fue realizada por la firma proveedora de la CNA. La ejecución de las mismas estuvo a cargo del personal estable de la CNA con la colaboración de 4 especialistas y un supervisor de la firma mencionada. ♦

Un aspecto del corazón de la Central Nuclear Atucha, cuyo comportamiento operativo ha permitido adquirir una vasta experiencia a nuestros técnicos.

