

04.78.09

CNEA - NT 13/78

PRESIDENCIA DE LA NACION
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
GERENCIA DE DESARROLLO

DETERMINACION Y EVALUACION
DEL
COMPORTAMIENTO BAJO IRRADIACION
DE LOS DOS PRIMEROS
ELEMENTOS COMBUSTIBLES ATUCHA DE DEMOSTRACION

PRIMERA PARTE

R. L. Olezza y E. E. Pérez \

Buenos Aires
1978

I N D I C E

	pág.
I RESUMEN	1
II INTRODUCCION	1
III OBJETIVO	4
IV DESARROLLO	4
A. Fundamentos de la Metodología	4
B. Elementos combustibles Atucha serie XA...	5
1. Definición del elemento combustible	5
2. Definición de las condiciones de opera_	
ción	10
3. Definición de parámetros y variables....	10
4. Obtención de la información	14
5. Evaluación	16
C. Predicción	18
V CONCLUSIONES	19
VI REFERENCIAS	20

I. RESUMEN

Vista la necesidad de llegar, en un futuro más o menos cercano, al autoabastecimiento del combustible del reactor de la Central Nuclear en Atucha, la CNEA fijó, entre otros, un programa de fabricación progresivo de elementos combustibles con propósitos de demostración de la puesta a punto de las técnicas de fabricación.

En la primera fase de este programa (serie XA, 2 elementos) se procedió al montaje y embalaje del combustible y parcialmente a la fabricación de las barras combustibles, no integrándose aún la etapa de fabricación de las partes componentes y piezas estructurales del combustible.

Dichos elementos serán irradiados en el reactor de la Central Nuclear en Atucha, cuidando primordialmente de no comprometer, en ningún momento, la disponibilidad de la Central más allá de lo que es usual con combustible en servicio normal.

Con el objeto de evaluar el comportamiento de estos dos elementos combustibles prototipos, y a posteriori los de las series siguientes, se fijan en este trabajo, como un primer paso, las acciones a tomar antes, durante y después de las irradiaciones para lograr ese fin. Para ello se definen las variables y parámetros del combustible a tener en cuenta. Se especifican los ensayos de pre y post irradiación a realizar, y las condiciones de irradiación, fundamentándose los mismos. Se señalan las fuentes de información relativas al combustible en lo que atañe a su seguimiento durante la irradiación, y se concluye con una predicción del comportamiento esperado.

II. INTRODUCCION

Debido a la necesidad de llegar, en un futuro más o menos cercano, al autoabastecimiento del combustible del reactor de la Central Nuclear en Atucha, la CNEA fijó, entre otros, un programa de fabricación progresivo de elementos combustibles.

Dicho programa, se estimó, debería estar compuesto por alrededor de 25 elementos, es decir, alrededor de un 10% de la carga del núcleo de la central.

El programa se dividió en tres series, que se denominan, serie XA, XB y XC. La primera de estas series está compuesta por la fabricación de dos elementos, la segunda por once y la tercera por doce.

En cada una de estas series se va efectuando una integración progresiva de las etapas y procesos de fabricación con vistas a lograr la puesta a punto de las técnicas de fabricación.

En este trabajo se considera la primera serie que corresponde, entre las diferentes modificaciones que han experimentado los E.C. de Atucha, a la versión denominada CEC 2/3, es decir carga segunda y tercera.

Como puede verse, Tabla I, en esta primera fase (serie XA) se procedió al montaje y embalaje de los E.C., y parcialmente a la fabricación de las barras combustibles; no integrándose aún las etapas de fabricación de componentes ni de piezas estructurales.

Es obvio, que el desarrollo de este programa implica un cambio de fabricante, con todos los riesgos que esto pueda significar. Si bien los E.C. han sido fabricados bajo planos y especificaciones Siemens, y con el mismo tipo de equipamiento utilizado en R.B.U., esto no implica la identidad de comportamiento con los E.C. ya irradiados, a pesar de haberse mantenido especificaciones, tolerancias y el plan de control de calidad, el cual fué más severo.

Bajo estas condiciones puede afirmarse que con respecto a la parte estructural, el cambio de fabricante no condiciona la performance de los E.C. Es decir, el riesgo involucrado a la central sería equivalente al de los elementos de fabricación alemana.

El otro aspecto importante en el que un cambio de fabricante puede influir es en el de la fabricación de la barra combustible. En particular en lo que hace a pastillas de UO_2 e integridad de la vaina misma.

Como corolario, sobre todo de esto último, es que surge la necesidad de este trabajo, ya que el respeto del diseño y el fiel seguimiento de las especificaciones y controles no determina en forma absoluta la igualdad del comportamiento. En todo proceso de fabricación existen parámetros y variables que no son perfectamente conocidos, desconociéndose a veces su influencia en el proceso o en el producto terminado.

A este respecto se han realizado estudios parciales en irradiaciones de prototipos, pero en rangos de trabajo muy por debajo, menos exigidos, que lo que están en un reactor de potencia.

De cualquier manera, irradiar estos combustibles no implica una experiencia de irradiación de elementos combustibles con un comportamiento absolutamente desconocido, sino una irradiación de elementos en los que, en principio, tan sólo puede esperarse un comportamiento prácticamente semejante, con apartamientos que no serán tan importantes como para comprometer el normal servicio de la central.

**TABLA 1. LISTADO DE PROCESOS Y OPERACIONES A CUMPLIMENTARSE EN LAS SERIES
DE PROTOTIPOS DE DEMOSTRACION**

PROCESOS Y OPERACIONES	SERIE XA	SERIE XB	SERIE XC
Proceso de maquinado por electroerosionado	NO	NO	SI
Proceso de maquinado por arranque de viruta	NO	PARCIAL	SI
Proceso de "brazing"	NO	NO	SI
Electropulido de separadores	NO	NO	SI
Maquinado de segmentos deslizantes	NO	PARCIAL	SI
Soldadura de segmentos deslizantes	NO	NO	SI
Maquinado de extremos de vaina	PARCIAL	PARCIAL	SI
Pulido electroquímico de vainas y patines	NO	NO	SI
Armado de columna activa	SI	SI	SI
Llenado de vaina con columna activa	SI	SI	SI
Soldadura de tapones a barras combustibles y tubo soporte	SI	SI	SI
Fabricación de pastillas combustibles	SI	SI	SI
Montaje de elemento combustible	SI	SI	SI
Embalaje del elemento combustible	SI	SI	SI
Punzonado de tubo soporte	NO	NO	SI
Acuñado de tapones	NO	PARCIAL	SI

III. OBJETIVO

Con el objeto de determinar y evaluar el comportamiento de estos dos elementos combustibles pr6t6tipos, y a posteriori los de las series siguientes, se fijan en este trabajo, como un primer paso, las acciones a tomar antes, durante y despu6s de las irradiaciones para lograr ese fin. Para ello se definen las variables y par6metros del combustible a tener en cuenta. Se especifican los ensayos de pre y post-irradiaci6n a realizar y las condiciones de irradiaci6n, fundament6ndose los mismos (1). Se se6alan las fuentes de informaci6n relativas al combustible en lo que atae a su seguimiento durante la irradiaci6n, y se concluye con una predicci6n del comportamiento esperado.

IV. DESARROLLO

A. Fundamentaci6n de la Metodolog6a

Se trata de determinar el comportamiento de estos dos elementos, aunque m6s que determinar es verificar el comportamiento esperado, ya que por lo apuntado anteriormente, el comportamiento no va a diferir apreciablemente del de los combustibles actuales al haberse respetado el dise6o y las especificaciones.

La secuencia l6gica a seguir est6 constituida por:

- a - Definici6n del Elemento Combustible.
Esta definici6n se refiere a las condiciones y caracter6sticas del dispositivo que llamamos elemento combustible, previo a su irradiaci6n.
El elemento queda definido por el conjunto de las informaciones siguientes:
 - Criterios de dise6o
 - Dise6o mismo (planos y especificaciones)
 - Condiciones de operaci6n
 - Datos de fabricaci6n
- b - Definir o conocer las condiciones de irradiaci6n.
- c - Definir que par6metros y variables del combustible y que variables y par6metros del reactor y de operaci6n del mismo deber6n ser tenidas en cuenta a fin de poder analizar los posibles procesos o fen6menos que pueda experimentar el combustible durante su permanencia bajo irradiaci6n.
- d - Obtener la informaci6n necesaria previa, durante y despu6s de la

irradiación a fin de poder establecer los cambios producidos en el combustible definido en a.

- e - Evaluación del comportamiento en base a la información disponible. Lo anterior referido al elemento particular, conjuntamente con datos de otras experiencias en combustibles similares y experiencias previas en combustibles propios dan las herramientas para hacer una evaluación del comportamiento del elemento.

De este conjunto de información, aquella que es conocida previa a la irradiación permite formular una predicción.

B. Elementos Combustibles Atucha - Serie XA

1. Definición del Elemento Combustible

a) Criterios de diseño

La densidad de potencia en el núcleo del reactor está limitada por la resistencia a las diferentes sollicitaciones del material usado en el envainado de la barra combustible. Estos límites son determinados por (2):

- i) La potencia de una barra combustible, cualquiera fuese su ubicación en el núcleo, no debe alcanzar la condición de fusión en el centro de las pastillas, aún en el caso en que se den simultáneamente las condiciones más desfavorables en cuanto a tolerancias y sobrecarga de diseño.
- ii) Las tensiones y expansiones a las cuales estará sometido el envainado durante su vida útil deberán ser tales que la probabilidad de defectos no afecte la confiabilidad de la planta.
- iii) Las deformaciones en las barras no deberán ser tales que afecten el normal flujo del refrigerante o deterioren considerablemente el elemento.
- iv) El comportamiento a la corrosión.

El principal aspecto de las consideraciones de diseño es que: la contaminación radioactiva del refrigerante producida por el escape de productos de fisión del combustible deberá ser evitado por arriba de un cierto nivel tomado como base en el diseño de la seguridad operacional de la planta.

b) Diseño mismo

El elemento combustible de la serie XA, Fig. 1 consiste de 36 barras combustibles y un tubo soporte dispuestos en un arreglo circular, todos suspendidos de una grilla superior y mantenidos por separadores igualmente espaciados. En nuestro estudio no se considerará formando parte del elemento los tubos y barras de varillaje, con sus respectivos anillos, el cuerpo de relleno y el tapón de cierre.

En la tabla 2 figuran algunos datos de diseño del elemento combustible.

Respecto de la barra combustible, cabe señalar que es de tipo autoportante, preprezurada con gas helio a una presión de 17 atmósferas. Puede considerársela dividida en tres secciones. La superior e inferior que sirven como reservorio de los gases de fisión y la central que es la ocupada por el combustible mismo. Esta última tiene una longitud de 5300 mm, llamándosela "zona activa".

Es de destacar que en este elemento la longitud total de la barra es diferente que para posteriores cargas. Por otra parte, también hay diferencias en las longitudes de los cartuchos para gases de fisión.

El elemento, como dijimos anteriormente, tiene un cartucho en la zona superior y otro en la zona inferior. El de la zona superior es de aproximadamente 200 mm y el de la zona inferior de 80 mm. En las series siguientes prácticamente se elimina la zona inferior, ya que se reduce a sólo 8 mm.

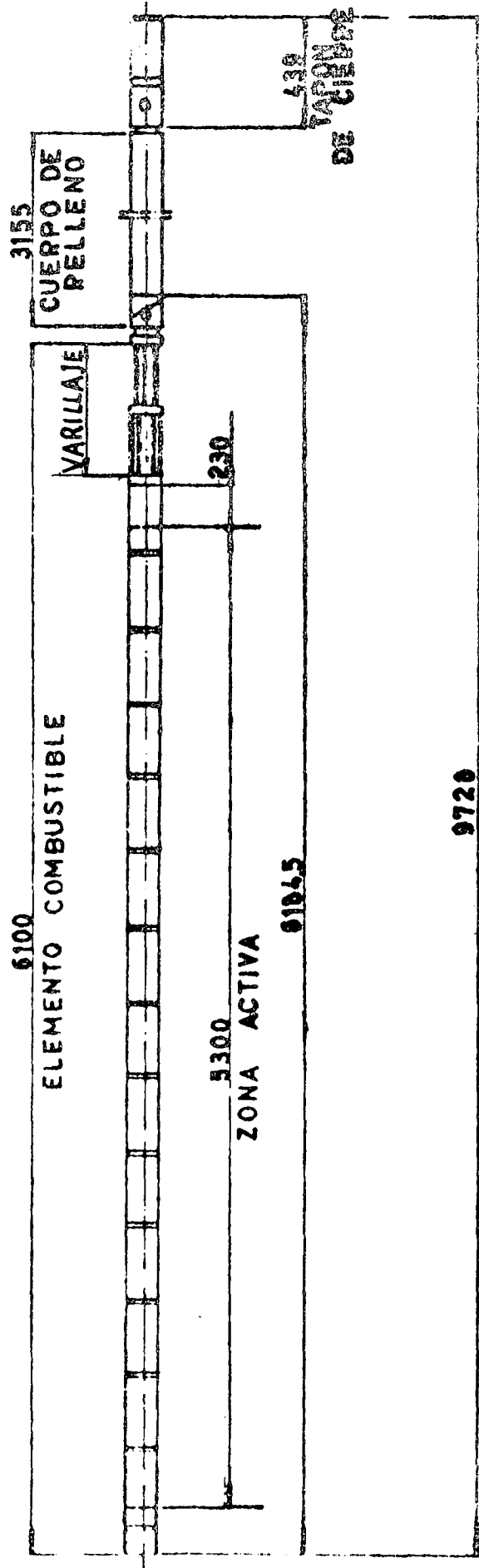
La razón de este acortamiento y de un acortamiento en la longitud de los tubos de varillaje se realizó con el fin de alejar el cuerpo del elemento combustible de la zona de las toberas, es decir la zona de entrada del refrigerante, para evitar vibraciones que se generaron en un principio.

c) Condiciones de operación

El elemento XA-001, fué introducido en la zona 3 del núcleo del reactor el día 16 de septiembre del corriente año, a las 11.20 horas. Su posición exacta es la C22.

En la Fig. 2 puede observarse su ubicación y el esquema convencional de recambio.

ELEMENTO COMBUSTIBLE



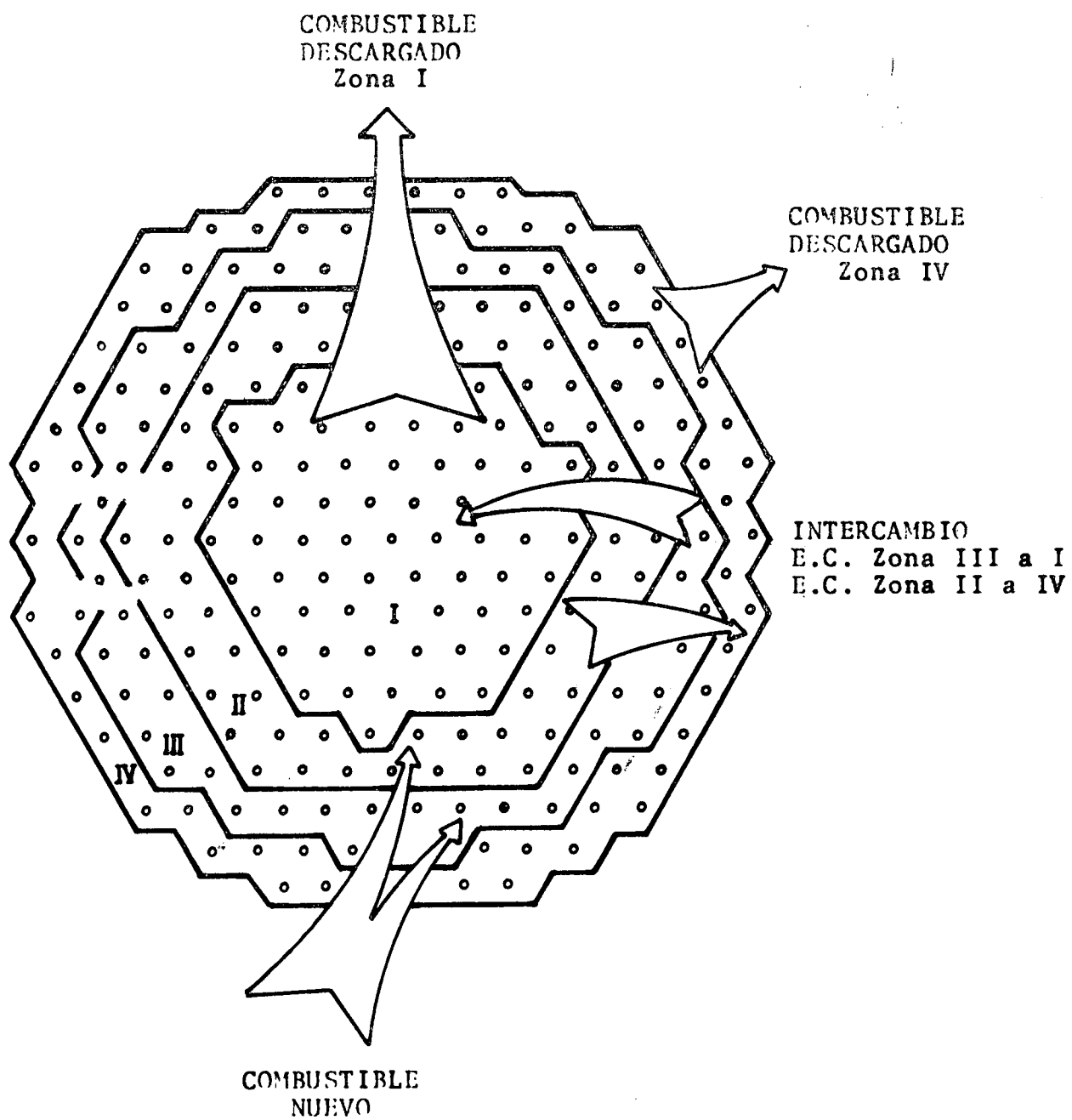


Fig. 2

TABLA 2DATOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE XA

Número de barras combustibles por elemento	36
Tubo soporte	1
Longitud de UO ₂ por barra combustible	5.250 mm
Diámetro de la barra combustible	11,90 mm
Temperatura máxima de la superficie de la vaina	324°C
Longitud total del elemento combustible	6.180 mm
Longitud total de una barra combustible	5.648 mm
Número de separadores	14
Peso de UO ₂ por elemento combustible	173 kg
Peso total del elemento combustible	210 kg
Diámetro del "Pellet"	10,62 mm
Altura del "Pellet"	12,00 mm
Densidad del UO ₂	10,55 gr/cm ³
Peso de UO ₂ por barra combustible	4,809 kg
Espesor mínimo de la pared de la vaina	0,51 mm
Presión inicial del gas de llenado de la barra	17 atm
Longitud de cartuchos para gases de fisión	280 mm

d) Datos de fabricación

La información referente a materiales y procesos de fabricación se encuentran en el llamado "Protocolo de Fabricación".

2. Definición de las condiciones de operación

Atento a los objetivos de la serie, se decidió que las condiciones de operación fuesen las mismas que para los elementos convencionales de fabricación alemana.

3. Definición de parámetros y variables

Entre los parámetros y variables a considerar por su grado de importancia, se citan entre otros:

- . Quemado
- . Potencia específica lineal y su distribución axial
- . Integral de conductividad térmica ($\int A d\theta$)
- . Perfil térmico
- . Historia de irradiación, considerando especialmente la velocidad de variación de potencia y la gestión interna, es decir, la ruta específica del E.C. en cuestión
- . Variaciones geométricas en:
 - Longitud
 - Diámetro
 - Arqueado
 - Torsionado
 - "Ridges" (Distribución y altura)
 - Distribución y composición del "crud"
 - Grado de deterioro de la barra y piezas estructurales
 - Condiciones del refrigerante

Lo anterior posibilitará cuantificar y normalizar los diferentes fenómenos de posible ocurrencia, a los efectos de poder establecer comparaciones.

Por otra parte el análisis de los mismos, a través del comportamiento esperado, permitirá definir específicamente las mediciones de las variables y parámetros a realizar.

En la tabla 3 se pueden ver una serie de factores inherentes al E.C. que afectan su comportamiento y la causa de los mismos, así como el efecto a través del cual se manifiestan y la posibilidad de hacer ensayos y mediciones para tratar de detectar la ocurrencia del fenómeno y en alguna medida cuantificarlo.

TABLA 3. FACTORES INHERENTES AL ELEMENTO COMBUSTIBLE QUE AFECTAN SU COMPORTAMIENTO

CAUSA	EFEECTO	ENSAYOS Y MEDICIONES FACTIBLES DE REALIZAR
Corrosión	Variación del espesor de la vaina Hidrruración	Localización y caracterización del efecto mediante procedimientos óptico-mecánicos Idem, ensayos de impacto
Hidrruración	Fragilización de la vaina	Idem, ensayos de impacto
Expansión térmica e hinchado excesivo de UO ₂	Sobre-deformación de la vaina	Observación visual y mediciones sobre fotograffas y pantalla de televisión
Impurezas perjudiciales en UO ₂ y/o gas de llenado	Hidrruración primaria Corrosión por floruro	
Inestabilidad mecánica debida a efectos hidrodinámicos	Corrosión por fricción Fatiga Daño mecánico	Observación visual
Defectos de fabricación en barras y componentes estructurales	Probable evolución a falla por: hidrruración secundaria, stress corrosion cracking. Disminución de la resistencia a cambios de parámetros de operación	Observación visual
Evolución del material combustible en el reactor (sinterizado, densificación)	Modificación de parámetros térmicos sobrecalentamientos locales	Localización y caracterización del efecto mediante procedimientos óptico-mecánicos

CAUSA	EFEECTO	ENSAYOS Y MEDICIONES FACTIBLES DE REALIZAR
Excesiva interacción pastilla vainas	Formación de ridges Formación de ampolladuras	Localización y caracterización del efecto mediante procedimientos óptico-mecánicos
Asimetría térmica	Alargamiento diferencial de barras combustibles Arqueado del manojo	Mediciones indirectas a través de métodos ópticos Paralelismo entre separadores

En la primera columna figuran las causas y en la segunda los efectos. Se aprecia que muchos de los efectos se convierten en causa, que podemos llamar secundarias. Por ejemplo, la corrosión, cuya incidencia se traduce en una alteración del espesor de vaina o en una hidruración por ataque de hidrógeno. A su vez la hidruración se transforma en una causa secundaria y origina la fragilización de la vaina con la consiguiente peligrosidad en cuanto a su integridad.

Cabe señalar que para realizar una sistemática completa de ensayos que permitan ponderar el grado de ocurrencia de estos efectos es necesario contar con la disponibilidad de un laboratorio de materiales activos. En nuestro caso, en la pileta de la CNA, las facilidades actuales sólo permiten realizar mediciones de tipo fundamentalmente óptico.

Un primer análisis de la tabla, para el caso particular que se considera, permite aseverar que hay ciertos efectos cuya probabilidad de ocurrencia es casi nula. Este sería el caso del hinchado del combustible, ya que dado el quemado a alcanzar será de escasa significación. Otro tanto puede afirmarse en lo que hace a la inestabilidad mecánica debida a efectos hidrodinámicos, por razones ya mencionadas.

Se deberá tener en cuenta la expansión térmica excesiva, la que se manifestará a través de deformaciones en la vaina, indicadora de sobredeformaciones, y de posibilidad cierta de sobretensiones peligrosas. Esto está estrechamente vinculado con la excesiva interacción pastilla-vaina, la cual se manifiesta a través de la formación de pliegues y/o protuberancias, llamadas ridges y/o ampolladuras.

En este caso particular revisten especial importancia los defectos de fabricación en las barras, tales como improntas y pequeñas fisuras, ya que cualquiera de ellos puede evolucionar a una magnitud tal que de lugar a hidruración secundaria, es decir, una hidruración producida por el ingreso de refrigerante. Estos defectos actúan como concentradores de tensiones, circunstancia que se ve agravada en el caso de los defectos internos por el medio cadmiado o la atmósfera iodada, generada por las fisiones. Si bien, es necesario alcanzar un valor de quemado importante para que dichos agentes corrosivos activen los procesos llamados de "stress corrosion cracking" (S.C.C.). Según sean las características de este tipo de defectos, en general, ellos disminuyen la resistencia a variaciones de los parámetros de operación con lo que el elemento combustible resulta susceptibilizado para soportar las modificaciones de carga.

Otro aspecto a considerar es el de la evolución del material combustible propiamente dicho durante la irradiación por procesos de sinterización y/o densificación que actúan modificando los parámetros térmicos, generando sobrecalentamientos locales o sobredeformaciones.

El comportamiento puede verse también afectado por la presencia de impurezas perjudiciales, en el material combustible previo a su irradiación, o en el gas de llenado. Tal sería el caso, por ejemplo, de un excesivo contenido de agua que daría lugar a hidruración de tipo primaria con fragilización de la vaina y eventual inicio de hidruración secundaria. Un caso similar se presenta con la corrosión por fluor, aunque en este caso cabe esperar un bajo contenido de este elemento, dado los procesos de fabricación seguidos.

Hasta ahora se ha hablado de fenómenos que se manifiestan en las barras. Se considerará ahora algunos de aquéllos que están relacionados con el comportamiento del elemento combustible como un todo.

Como perteneciente a este conjunto se puede mencionar el alargamiento diferencial de barras, que ocurre entre barras de la misma o de diferentes coronas, debido a efectos de asimetría térmica producida por la distribución de flujo térmico en el elemento y su posición en el reactor, como al efecto sobre el crecimiento del circaloy por la acción del flujo rápido. Una asimetría térmica excesiva podría llevar a una pérdida del paralelismo entre separadores y aún a un arqueado del manojo.

4. Obtención de información

Es necesario determinar para el caso de estos dos elementos cuales de los fenómenos mencionados en el punto anterior han ocurrido, o no, y en que medida. A tal fin, se diseñaron los ensayos correspondientes, condicionados por las limitaciones ya señaladas para su realización.

Consecuentemente se definieron los ensayos de post-irradiación, los cuales determinaron los que se efectuarían en la pileta al producirse el cambio de zona de irradiación y obviamente los de pre-irradiación necesarios para interpretar los anteriores. Ellos son detallados más abajo.

Los ensayos sobre el elemento irradiado se reducen a procedimientos óptico-mecánicos. Para el caso de hidruración se está estudiando la factibilidad de realización de un ensayo de impacto.

Los elementos con que se cuenta en pileta son un telescopio periscópico, una cámara de TV y un espectrómetro γ ; razón por la cual, la mayoría de los ensayos están orientados a localizar determinadas singularidades visibles a simple vista, tales como protuberancias, modificación de espesores aparente de vaina, ridges, discontinuidades del crud, etc. Se está implementando un dispositivo palpador, que junto con la observación visual, permitirá caracterizar los mismos.

Además es posible realizar metrología, que comprende la medición de alargamiento diferencial de barras, sólo en las coronas más exteriores, ala-

beado y torsionado de las mismas, arqueado del ensamble en conjunto, mediciones relativas de longitud, paralelismo entre separadores, y en un futuro cercano, determinaciones perfilométricas y diametrales.

En este marco se sugiere la realización de los siguientes ensayos:

De post-irradiación

- Visuales : Observación visual completa del estado del E.C. que comprenda, aspecto general, oxidación en cordones de soldadura, detección de signos de desgaste y deterioro en las zapatas, localización de pliegues y protuberancias, características del "crud".
- Metrológicos: Paralelismo entre separadores.
Distancia entre grilla portante y separadores.
Longitud del elemento combustible.
Alargamiento diferencial de barras.
Medición de protuberancias y pliegues, su perfil y distribución.
Distancia entre segmentos deslizantes de la corona exterior.
- Otros: Juego barra combustible separador.
Arqueado del elemento combustible.
Distribución del quemado relativo.

Con respecto a los ensayos a realizarse al cambiarse el E.C. de zona de irradiación, se deberán realizar como mínimo los ensayos visuales ya definidos para el caso de post-irradiación. Estos ensayos determinarán la necesidad de completar o no los ensayos en su faz metrológicos u otros.

- Visuales: Observación visual completa del estado del E.C., prestando especial atención a la detección de posibles singularidades, como improntas, rayas, aboulladuras, etc.
- Metrológicos: Salvo la medición de las longitudes individuales de las barras de la corona exterior y el paralelismo entre separadores, los demás parámetros, debido al error con que se miden en la pileta, se toman directamente de los protocolos de fabricación.

5. Evaluación

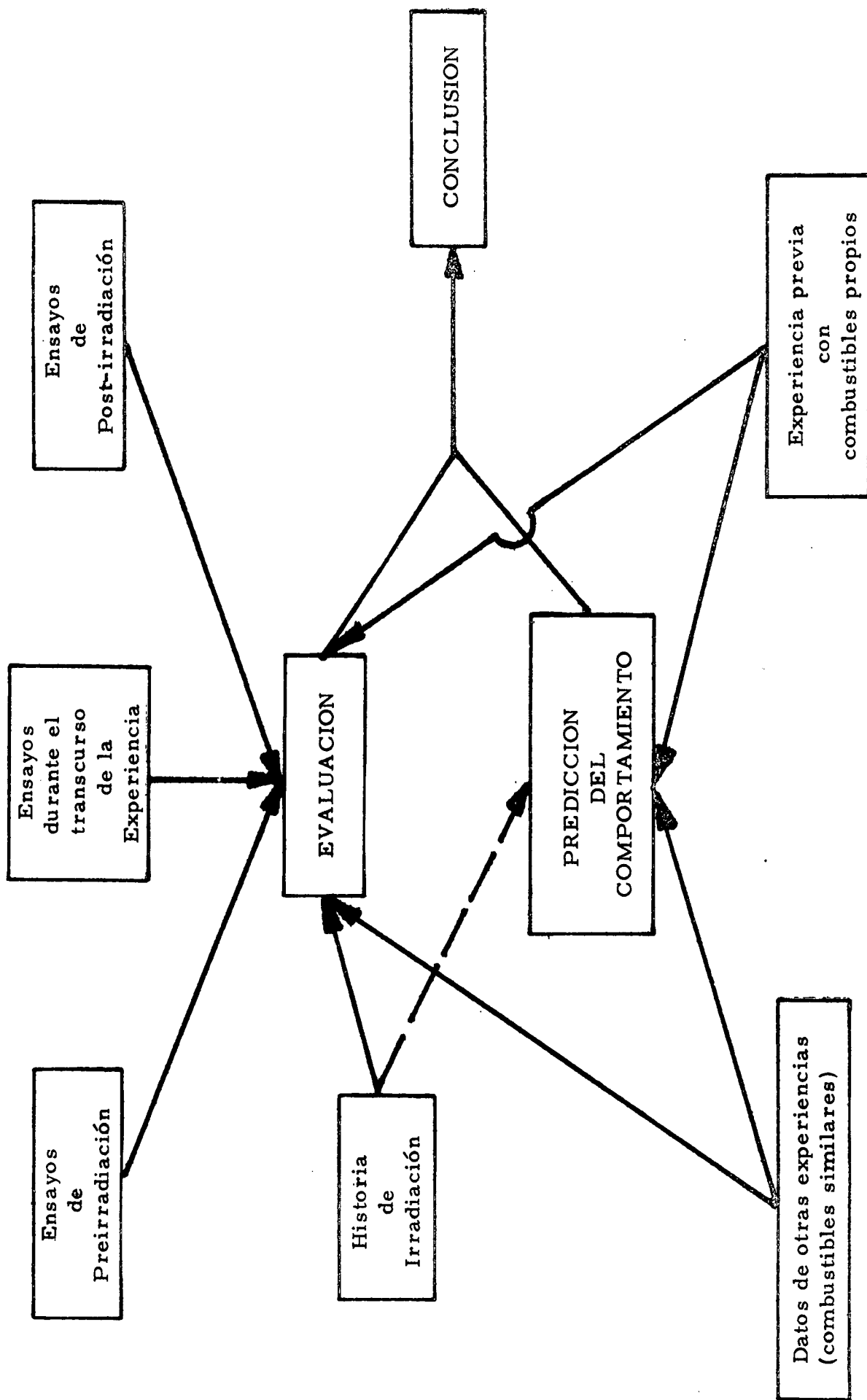
La información obtenida de los ensayos ya mencionados, la proveniente de la historia de irradiación, del conocimiento de los parámetros y variables a que se hace referencia en el punto IV.B.3 y los datos de fabricación, complementado con resultados de experiencias con prototipos CNEA-MZFR (3), (4), (5) y también experiencias realizadas por terceros, si bien no con elementos Atucha específicamente, pero sí con características de algún modo similares, posibilitará realizar un análisis del comportamiento de los elementos en cuestión. Por lo tanto, se podrá concluir hasta que grado se ha podido lograr el conocimiento de la tecnología de fabricación de E.C. Atucha, aunque sea en esta etapa en que sólo se han cumplimentado algunos de los procesos de fabricación (Fig. 3).

A continuación se explicitan las fuentes de información de las cuales se extraen algunos de los datos para la predicción y evaluación:

- a) Protocolos de semielaborados de fabricación y de recepción de los elementos, suministrados por los respectivos fabricantes.
- b) Planillas de permutación y recambio de los E.C. suministrados por la CNA.
- c) El programa Trisic, del cual se obtienen:
 - Distribución axial del quemado.
 - Flujos térmicos normalizados.
 - Flujos neutrónicos normalizados.
 - Potencias específicas normalizadas.
 - Quemado de extracción de los elementos combustibles, realizado por el programa Brendi, que trabaja interconectado con el Trisic.
 - Cálculo de Xenón. Se hace el cálculo de la pérdida de reactividad por aumento de la concentración de Xenón mediante el programa XEPU.
 - Cálculo de la potencia térmica.
 - Este programa es también obtenible en la CNA.
- d) Instrumentación del reactor.

En el reactor se cuenta con la siguiente instrumentación, que registra los parámetros correspondientes en función del tiempo.

 - Detectores β para la medición de flujo.
 - Canales instrumentados con termocuplas.
 - Medición de temperatura de salida del refrigerante.
 - Sistema NX para la detección de elementos defectuosos o fallados.
 - Medición de actividad en el primario.
 - Presión media del primario.
 - Potencia del reactor.



e) Protocolos de física de la CNA.

A partir de los datos suministrados por la instrumentación del reactor, se calculan factores de asimetría, factores de forma y factores DNB que se comparan con los valores dados por Trisic y calculados a partir de distribuciones teóricas de flujo y quemado.

Estos valores aparecen en los protocolos de la física.

- . Programa KOAX (factores axiales de forma y de asimetría de potencia)
- . Programa STIL (factores radiales de forma y de asimetría de potencia)
- . Factores DNB (apartamiento de la condición de ebullición nucleada)
- . Inserción de los bancos de barras negras y grises, es decir, movimientos de las barras de control.

C. Predicción

Con el conocimiento actual de los mecanismos que describen los fenómenos que tienen lugar en un elemento combustible, y considerando que:

- Ha habido cambio de fabricante, pero no de diseño, y específicamente en lo que hace a las barras y al ensamblado.
- Estos elementos han cumplimentado adecuadamente todas las pruebas y controles a que son sometidos los de fabricación alemana, y en algunos casos con mayor grado de rigurosidad.
- El comportamiento demostrado por los prototipos CNEA-MZFR ha sido satisfactorio, si bien el nivel de exigencia en las irradiaciones ha sido menor, lo que significa un crédito para el nuevo fabricante.
- Las condiciones de irradiación propuestas son similares a las usuales en los E.C. que ya se irradian en la CNA.
- La inspección hecha, previa a la introducción en el reactor E.C. no arrojó singularidades.

Es posible suponer que el comportamiento de estos dos elementos de la serie XA no diferirá apreciablemente del resto de los E.C. que se encuentran en el núcleo del reactor. Pudiéndose aseverar que el riesgo adicional que pueda significar la introducción de estos E.C. a la disponibilidad de la central es mínimo.

V. CONCLUSIONES

La recopilación de los datos a que se hizo referencia, la implementación de las mediciones sugeridas y el seguimiento de las acciones y su ejecución, posibilitarán la determinación del comportamiento de los elementos de fabricación nacional.

Se cree oportuno reiterar que esta evaluación será desafortunadamente afectada debido al hecho de carecer de facilidades como para seguir un programa completo de post-irradiación, que permita analizar los principales aspectos que inciden en el comportamiento de un elemento combustible.

La predicción formulada sobre el comportamiento esperado en las condiciones usuales de irradiación, no puede ir más allá de ser un pronóstico cualitativo dada la poca información disponible al momento, del comportamiento del elemento Atucha posterior al incremento en un 8% de su potencia nominal de diseño.

Cabe señalar la necesidad de contar con otra herramienta de extrema utilidad tanto en la predicción como en la evaluación de performance. Este elemento de trabajo, del cual debería poder disponerse a la brevedad, es un código de cálculo que no solamente simule aspectos termomecánicos de la barra combustible en operación, sino que también considere la generación y distribución de productos de fisión, sino de todos, por lo menos de los más importantes.

VI. REFERENCIAS

1. M. CENCIG, J.O. MARTICORENA, R. OLEZZA, "Comportamiento bajo irradiación de materiales combustibles. Parte I. Programación de experiencias", CNEA/CN2/135 (1974).
2. R. CIRIMELLO, "Información pública sobre el diseño de los Elementos Combustibles en la Central Nuclear en Atucha". Informe Interno 8/75/D.
3. Kernforschungszentrum Karlsruhe, "Untersuchungsbericht Atucha " BE1 - 1973.
4. R.H. RODRIGUEZ PASQUES y otros, "Examen post-irradiación del Elemento Combustible Nuclear prototipo CNEA-MZFR I", CNEA-CN5/145, 1974.
5. R. OLEZZA, "Comportamiento de los gases de fisión en el prototipo CNEA-MZFR I.a.", CNEA-NT12/76.