

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1978

Desarrollo y de un AMPLIFICADOR en un REACTOR de

I. - Introducción

Contando con los conocimientos de la ingeniería básica de una central nuclear, las condiciones del proceso, las especificaciones técnicas de sus componentes y las características constructivas de los sistemas, en este trabajo se describen las etapas seguidas hasta lograr la producción de uno de sus componentes.

El componente seleccionado es el denominado *amplificador para el detector de flujo dentro del núcleo*.

En razón de que el nivel de ingeniería requerido representa un salto tecnológico y que CNEA posee los conocimientos necesarios para encarar su desarrollo, ASINEL implementa la infraestructura necesaria para encarar la producción.

Este componente forma parte del sistema de instrumentación dentro del núcleo y es el primero de la cadena de componentes electrónicos asociados a cada uno de los 150 detectores de flujo neutrónico autoenergizados, ubicados en el núcleo del reactor para cumplir funciones de regulación, relevamiento de flujo neutrónico y seguridad.

Se describen las etapas seguidas para lograr la adaptación de una tecnología y el desarrollo de un producto nuevo en el mercado local:

- 1) Selección de un componente.
- 2) Definición del componente seleccionado: sus características y función.
- 3) Análisis de las facilidades y/o posibilidades de su fabricación.
- 4) Preparación del pliego para la selección de empresas proveedoras.
- 5) Definiciones finales, especificaciones.

Si bien la producción de este componente constituye una experiencia aislada de "Contrato de Desarrollo", es innegable la trascendencia que transferencias de este tipo pueden significar para el desarrollo industrial del país.

En 1965 un decreto del Poder Ejecutivo ordenó a la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina realizar un estudio de factibilidad de una usina nuclear, para ser instalada en la zona denominada del Gran Buenos Aires-Litoral. Se puso en marcha un proceso que condujo a la construcción de la Central Nuclear en Atucha.

En 1968 un decreto similar ordenó a la misma Institución un estudio para una central a instalarse en la Provincia de Córdoba, cuya erección actualmente se encuentra en marcha.

En este informe se describe un aspecto de la participación de la industria local lograda a través de una rigurosa apertura del "paquete tecnológico" que las empresas proveedoras ofrecieron a la CNEA. Esta acción permitió transformar una "caja negra" típica de las operaciones llave en mano, en una "caja gris". En la misma, CNEA y la industria local asumen serias responsabilidades en la obra en cuestión y aseguran una creciente participación local en las obras futuras. Se describe en detalle la fabricación de los amplificadores

Fabricación Utilizado POTENCIA

por H. Picard
Sara Volman de Tanis
Valentin Kunica

para detectores de flujo dentro del núcleo, realizado en forma conjunta entre la CNEA y el Consorcio que lo constituyen 5 empresas nacionales de capital interno, típicas del sector electrónico profesional.

II. - Antecedentes

El día 20 de marzo de 1974 las más altas autoridades del país pusieron en operación la Central Nuclear en Atucha. La CNEA desde el estudio de factibilidad de esta Central dedicó gran parte de su esfuerzo a aumentar al máximo la posible participación de la industria nacional en la mis-

El ingeniero H. Picard, especializado en Telecomunicaciones (casado, 3 hijos) se desempeña en la CNEA desde hace 18 años y actualmente es responsable de ingeniería de producción en la Gerencia de Diseño. Juntamente con él han preparado este importante trabajo presentado en la VI Reunión Científica de la A.A.T.N., la Dra. Sara Volman de Tanis, de la Dirección de Investigaciones y Desarrollo de la CNEA y el ingeniero Valentin Kunica, director de ASINEL S.A.

ma, por los efectos "catalizadores" que de ello derivan. El mismo permitió analizar a la potencial industria nuclear argentina como industria-industrializante (en el sentido de F. Perroux)¹.

Para tal fin se realizaron estudios de la industria argentina, de su equipamiento, de sus posibilidades de expansión y de sus limitaciones técnicas. Debíó estructurarse sobre la marcha el marco legal apropiado, para que una obra de esta complejidad compatibilizara los deseos de la CNEA con los requerimientos técnicos, económicos y de plazos de entrega que tenía el proyecto. Debíó estructurarse sobre la marcha el marco legal apropiado para dichos objetivos, habiendo promovido y logrado la formulación y aprobación de la Ley 18.875, denominada de Compre Nacional. Dicha ley reemplazó, con señaladas ventajas, el Decreto 5.340 de Compre Argentino. Ha sido promulgada en diciembre de 1970, y permitió institucionalizar la "apertura de paquetes tecnológicos" como lo expresan algunos de sus párrafos:

"Dicho poder de compra tiene una profunda incidencia en la

economía del país, en particular sobre el sector industrial, la construcción y los servicios de ingeniería y consultoría."

"Por lo tanto, para canalizar las compras hacia el mercado local se requiere que a nivel de proyecto exista el propósito y la firme decisión de planear, proyectar y diseñar para lo argentino."

"A diferencia del capital físico y de los conocimientos abstractos que pueden adquirirse en el exterior, este tipo de capital no es transferible en forma instantánea, sino que debe ser formado internamente y demanda largos años de esfuerzos acumulativos por parte de la sociedad. Para acelerar este proceso de formación, es esencial mantener una demanda previsible y creciente de los servicios profesionales, y un nivel adecuado de incentivos que promueva la formación de los mismos."

Es de hacer notar que la Central Nuclear en Atucha fue la primer obra de magnitud donde se aplicó con todo rigor la filosofía de la Ley 18.875².

Como continuación natural y por los requerimientos de un sistema energético en expansión, en 1968 CNEA comenzó el estudio de factibilidad de la segunda central nuclear, que actualmente está en construcción. A fines de 1972 el Consejo Federal de Inversiones propuso a las autoridades de la CNEA la realización de un estudio sobre la posible participación de la industria e ingeniería nacional en el programa de centrales nucleares, contemplando los aspectos que hacen al desarrollo regional³. En dicho estudio, que consta de II capítulos, se expresan en forma ordenada los conocimientos y experiencias existentes en distintos sectores de la CNEA y de la industria del país sobre el tema mencionado, a fin de dar las bases para la toma de decisiones en las áreas cubiertas por el mismo.

Se evaluó a la industria mecánica, eléctrica y electrónica y se trató de compatibilizar sus posibilidades con los requerimientos tecnológicos de las centrales nucleares. El análisis técnico que debíó hacerse para este trabajo, ayudó en algunos aspectos a mejorar la participación de la industria e ingeniería nacional que se previó para la Central Nuclear de Embalse (Pcia. de Córdoba).

La participación local estimada

para la CNE es del orden del 50 % del monto básico contrac-

tual distribuido en los siguientes rubros:

RUBROS	En porcentaje sobre el precio total del rubro	En porcentaje sobre el precio total de la Central
1. Suministros electromecánicos	33,2	17,2
2. Obras Civiles	100,0	13,0
3. Montaje	94,2	8,7
4. Ingeniería	33,2	2,2
5. Dirección de obra, gastos administrativos, entrenamiento de personal, puesta en marcha, gastos para el organismo inspector	34,3	5,4
6. Transporte marítimo y terrestre	48,6	1,1
7. Seguros todo riesgo y sobre transportes	100,0	2,1
TOTAL	443,5	49,7

Respecto de la Central Nuclear en Atucha se observan incrementos substanciales en los rubros electromecánicos, que de un 12 % de participación nacional pasa a un 33,2 %; e ingeniería para el cual se logró obtener por primera vez una obligación contractual del 33,2 %, que será realizado por empresas de ingeniería argentinas.

Es interesante destacar que al pasar a niveles superiores en lo que respecta a participación nacional en centrales nucleares, se requieren esfuerzos que aumentan progresivamente a medida que se alcanzan porcentajes mayores de integración, puesto que estos incrementos se basan exclusivamente en la incorporación de suministros electromecánicos de creciente complejidad a ser fabricados localmente. La complejidad tecnológica de algunos ítems o sistemas que están siendo provistos por firmas argentinas es digna de destacarse, por ejemplo las bombas del condensador y del moderador, los grandes motores de 6,6 KV, algunos sistemas de regulación electrónica, etc.

Además se estableció, tanto para la Central Nuclear de Atucha (CNA) como para la Central Nuclear de Embalse (CNE), el régimen de suministros y repuestos de origen argentino incluidos en la Lista Positiva (se entiende por ello los suministros que son de obligatoriedad a ser adquiridos en el país) y en la Lista Probable (se entiende por ello los suministros cuya elaboración en el país depende de un análisis de factibilidad).

Otra de las modalidades adoptadas por la CNEA es la de atribuirse el derecho de realizar la

evaluación de cada suministro analizando los precios, plazos de entrega, condiciones de pago y garantías técnicas a fin de que resulten satisfactorias⁴. Por primera vez se decidió que serían provistos por la industria argentina equipos de instrumentación y control para dicha central, en base a los estudios anteriormente citados^{5, 6}.

Dentro del contrato celebrado entre CNEA y el consorcio AECL-ITALIMPIANTI se incluyeron las cláusulas siguientes:

"CNEA tendrá la opción de participar en calidad de subcontratista de los adjudicatarios de la central, para el suministro de los equipos que componen los siguientes sistemas de instrumentación y control:

- Sistema de instrumentación de arranque.
- Sistema de instrumentación nuclear (monitoreo neutrónico dentro y fuera del núcleo).
- Sistema de detección y localización de elementos combustibles defectuosos.
- Monitoreo de radiación.

Los contratistas deberán proveer a CNEA para la realización de estos suministros, con la suficiente antelación, la siguiente información:

- Especificaciones mecánicas y eléctricas completas.
- Planos y circuitos completos.
- Especificaciones de confiabilidad y control de calidad.
- Especificaciones de montaje y puesta en marcha.
- Cronograma de realización.

Con esta información CNEA procederá a la construcción y prueba de los prototipos de los equipos mencionados y tendrá

opción de encargar su fabricación seriada a industrias argentinas bajo responsabilidad de CNEA"⁵.

III. - Selección del componente a ser suministrado por la industria nacional

La instrumentación del reactor tipo CANDU tiene importancia para el funcionamiento, seguridad, disponibilidad y economía, ya que a través de ella se controla a la central para que cumpla su objetivo de producir energía en forma segura y al menor costo.

Del análisis y evaluación realizada se desagregaron los componentes del sistema de instrumentación. El criterio de desagregación aplicado fue el que resultó de considerar que en general un instrumento de uso en el campo nuclear está constituido por varias unidades o módulos funcionales tales como preamplificadores, fuentes de alimentación, etcétera, cuya tecnología individual difiere de la del conjunto. Este hecho, juntamente con conceptos de flexibilidad de aplicación, confiabilidad, mantenimiento y costo, da lugar al empleo de sistemas modulares, los cuales en base a un cierto número de módulos permiten construir funciones de mayor o menor complejidad con marcadas mejoras. Por lo tanto el grado de desagregación aplicado fue el de componente definido como unidad funcional, módulo o componente funcional, o un conjunto de ellos según convenga en cada caso particular.

Una vez realizada la tarea de desagregación, se encaró la tarea de preseleccionar a aquellos componentes que podrían fabricarse en el país, con los siguientes criterios:

- Preseleccionar a aquellos componentes que permitan suponer que su fabricación tendrá un factor costo-beneficio favorable.
- Preseleccionar aquellos componentes que permitan suponer que su fabricación involucrará un desarrollo tecnológico de interés.

III. a. - Definición del componente seleccionado

El componente seleccionado es el denominado amplificador para detectores de flujo dentro del núcleo. Su importancia radica en que:

- a) El nivel de ingeniería requerido representa un salto tecnológico por razones que luego serán enumeradas.
- b) CNEA posee los conocimientos necesarios para encarar su desarrollo.
- c) Su cantidad justifica el desarrollo de los procesos industriales necesarios para su implementación.

La función de este equipo es la de convertir la señal de corriente proveniente de un detector de flujo neutrónico interior al núcleo del reactor y transformarla en una señal de tensión proporcional a ella.

Este componente forma parte del sistema de instrumentación dentro del núcleo y es el primero de una cadena de componentes electrónicos asociados a cada uno de los 150 detectores de flujo neutrónico autoenergizados, ubicados en el núcleo del reactor para cumplir funciones de regulación, relevamiento de la distribución de flujo neutrónico (mapping) y seguridad.

III. b. - Análisis de las facilidades y/o posibilidades de su fabricación

Debido a los plazos de entrega de acuerdo con la construcción de la central y para poder realizar el suministro por la industria local, CNEA encargó la fabricación a un conjunto de proveedores locales. Para su selección y evaluación se realizaron diversas tareas que demandaron varios años de labor por miembros de CNEA sobre firmas de plaza.

Para conocer el estado de conocimientos y capacidad de fabricación de los futuros proveedores se encaró una encuesta en el año 1973, estructurada de la siguiente manera: 1) caracterización de la empresa; 2) datos relativos de producción; 3) adquisición de tecnología; 4) uso de licencias; 5) fuentes de información utilizada; 6) selección de inversiones; 7) mecanismos de incentivos; 8) desarrollo de productos; 9) control de calidad.

Se elaboraron los datos de esta encuesta obteniendo de esta manera una primer lista de firmas locales interesadas en la instrumentación nuclear. Luego de varias reuniones con los representantes de las mismas se fueron aclarando los siguientes conceptos:

- 1) Los proveedores deberán responder a un concepto de tecnología conveniente, es decir, aquella concebida de modo de permitir el óptimo aprovechamiento de los recursos técnicos, de materia prima y humanos del país.
- 2) La industria privada nacional deberá encarar la fabricación de componentes y el desarrollo de aquéllos que fuese posible, contando con el respaldo de organismos de I y D y líneas de crédito adecuadas.
- 3) La realización del suministro deberá ser encarada por la pequeña y mediana industria, ya que bajo ciertas condiciones, se las consideraba con actitud y aptitud suficientes. Las empresas consideradas grandes en el ramo electrónico están dedicadas a producción en serie de componentes (especialmente en la parte comunicaciones) y las series cortas de instrumentación nuclear no resultan de un interés económico para ellas.
- 4) El hecho de que los conocimientos sobre temas de instrumentación de centrales nucleares sólo los poseen los que trabajan en ellos y que la no existencia en el país de una infraestructura industrial de instrumentación como para estimar el logro de dichos objetivos, hizo que el esfuerzo deba ser realizado por un conjunto de empresas.

Después de la preevaluación resultaron seleccionadas un grupo de 5 empresas que integraban un consorcio denominado ASINEL. Los directivos de estas empresas demostraban una actitud favorable al desarrollo de una infraestructura industrial en el campo de la instrumentación.

III. c. - Pliego de selección de empresas proveedoras

Debido a la naturaleza del trabajo a realizar en conjunto con la industria nacional se adoptó como marco legal la Ley de Obras Públicas, por considerarla la más conveniente. La CNEA puede adquirir bienes a través de

la Ley de Contabilidad o de la Ley de Obras Públicas. La primera de ellas está básicamente estructurada para la adquisición de "cosas hechas" mientras que la segunda es para la adquisición de "cosas que hay que hacer".

En ella se estipula un método de pago a medida que se va haciendo (el proveedor va cobrando lo realizado durante periodos preestablecidos mediante certificados de obra), admite el reajuste por fórmula del precio original resultante de mayores costos de mano de obra, materiales, etc., y variación del precio por aumento o disminución del suministro.

Como mecánica operativa, la Licitación Pública se realizó en dos partes, y fue implementada con la información solicitada en dos sobres sucesivos. La primera parte de Selección de Empresas se realizó en base a los elementos de inicio provistos por las empresas en el sobre N° 1, donde se solicitaron los antecedentes técnicos y económicos.

La evaluación de las firmas se realizó por medio de coeficientes que tomaban en cuenta: la cantidad y nivel del personal profesional y técnico, antecedentes de trabajo en el tema y de trabajos afines, equipamiento y área porcentual (referida al área cubierta) a ser dedicada al sector nuclear.

La segunda parte de Pedido de Oferta y Cotización se implementó con los elementos provistos por las empresas en el sobre N° 2. En él se solicitó un proceso de desarrollo y producción y para poder cotizar las empresas necesitaron del orden de 2 meses para su análisis y por su parte CNEA debió realizar varias consultas para preparar los detalles de fabricación y cronograma, fase de la cual no se disponía experiencia previa.

El procedimiento utilizado permitió eliminar a aquellas firmas que no reunían los requisitos mínimos tanto técnicos como económicos para la cotización final.

III. d. - Definición final del componente, especificaciones

A partir de la ingeniería básica suministrada por AECL (Atomic Energy of Canada Limited) proveedor de la isla nuclear de la CNE y la especificación TS-18-73750-351 CNEA elaboró la ingeniería de detalle del amplificador. Esta tarea la asumió su

Departamento de Instrumentación que tiene más de 20 años de experiencia en desarrollo de instrumentos de aplicación nuclear, y que ha estado integrado hasta por 40 profesionales y 40 técnicos. Se realizó el diseño del amplificador, denominado Modelo de Ingeniería Nivel 1 (MIN 1), de acuerdo con las especificaciones de operación tales como: 1) Linealidad; 2) Tensión de salida; 3) Velocidad de respuesta; 4) Nivel de ruido; otras.

A partir de este modelo el Departamento realizó, mediante proceso iterativo, la selección de los componentes que integrarán el amplificador y que serán adquiridos en el exterior. Se definieron los siguientes parámetros para proceder a su selección: valor, tipo, tolerancia, número de fallas por unidad de tiempo (MTBF).

CNEA determinó además, entre otros, los siguientes criterios:

- 1) adquisición de los componentes electrónicos de confiabilidad establecida para que se realice de acuerdo a determinadas condiciones de empaque, transporte, almacenamiento y plazo de entrega.
- 2) modalidad de recepción en aduana de los componentes importados.
- 3) conformación de los componentes electrónicos.
- 4) los procesos de soldadura de componentes a plaquetas de los circuitos impresos.
- 5) la calificación del personal armador.
- 6) la adquisición del material para las soldaduras de acuerdo a especificaciones.

Posteriormente CNEA realizó la adquisición de todos los componentes seleccionados, que integrarán el amplificador, los que debieron ser importados. El conjunto de estos componentes es particularmente costoso y se debieron especificar todos los detalles, ya que el éxito de las etapas siguientes depende de cada una de estas partes.

Elaborada y concluida la etapa del modelo de ingeniería nivel 2 MIN-2, que incluye su armado, puesta a punto, ensayo y elaboración de la documentación, CNEA juntamente con el consorcio ASINEL preparó la etapa siguiente que es la denominada MOCE (modelo con componentes equivalentes).

III. e. - Realizaciones de ASINEL a la fecha

A la fecha lo realizado de la obra es un 50 % del total. El suministro se considera que tiene un 18 % de ingeniería, un 37 % de garantía de calidad y 44 % de provisión de partes. De estos porcentajes se ha cubierto en cada ítem lo siguiente: casi en su totalidad los ítems de ingeniería y garantía de calidad, siendo mínimo el rubro provisión. Específicamente ASINEL está volcando su esfuerzo a la etapa MOPRE, y con ella colabora CNEA en la inspección como también en la auditoría sobre garantía de calidad que realiza la empresa AECL.

Es de hacer notar que AECL ha establecido los requisitos de calidad según la norma canadiense CSA-Z. 299-11976. Dicha norma se está aplicando a todos los proveedores de componentes para la isla nuclear de la CNE. En ella se establecen los requisitos de calidad a través de un programa que permite a AECL realizar auditorías en base a la documentación presentada por el proveedor. En el caso del nivel 2 de la norma citada, entre otros documentos, se solicitan: 1) presentación de un programa de control de calidad con un manual que contiene la organización de calidad del proveedor y los procedimientos generales; 2) un plan de inspección y ensayos específicos de cada producto, funciones del sistema, registro de calidad, embalaje, etc.; 3) la verificación de la calidad.

La implementación de este programa de calidad en el caso de ASINEL ha significado encarar —aparte de la fabricación del suministro propiamente dicho— entre otras, las realizaciones que se enumeran a continuación:

- 1 - Manual de Garantía de Calidad.
- 2 - Planes de Inspección y Ensayos.
- 3 - Adecuación de locales para cumplir con requisitos de temperatura, presión, humedad y cantidad de partículas por unidad de volumen.
- 4 - Equipamiento en las áreas de Metrología Mecánica y Electrónica: fotografía, producción electrónica.
- 5 - Elaboración de planos y especificaciones de ingeniería para matricería y dispositivos de fabricación y montaje de partes mecánicas y eléctricas de sistema modular

NIM, amplificador y fuente de alimentación.

- 6 - Fabricación de la matricería y dispositivos en base a la documentación indicada en 5.
- 7 - Elaboración de planos y especificaciones de ingeniería para dispositivos de inspección y ensayo que permitan implementar el plan de inspección en las etapas de recepción de materia prima, procesos y final.
- 8 - Estudio de normas y elaboración de procedimientos vinculados al proceso de soldadura.
- 9 - Puesta a punto del proceso de soldadura y calificación de soldadores.
- 10 - Elaboración de diagramas y descripción de procesos de fabricación de sistema modular NIM, amplificador y fuente de alimentación que permita satisfacer, en las etapas de fabricación en conjunto con lo anterior, la expectativa de confiabilidad requerida al suministro.

El conjunto de realizaciones necesarias para que la fabricación del suministro se haga dentro de los requerimientos del programa de calidad necesario para que el producto tenga la confiabilidad esperada y del cual la enumeración anterior es sólo una parte, representa por comparación con el nivel existente en las empresas del sector electrónico con anterioridad a la presente obra, un salto tecnológico.

IV. - Consideraciones finales

De los efectos de la apertura del paquete tecnológico que se viene experimentando en la CNEA, debemos mencionar los adelantos en procedimientos y métodos de fabricación e inspección que se lograron dentro de la industria argentina. Con la Central Nuclear de Atucha se obtuvieron cifras interesantes de participación nacional y lo que trajo aparejado fue la incorporación de nuevas tecnologías que permitieron al proveedor local intervenir en otros suministros más sofisticados de otros sectores industriales.

Aunque todavía está en construcción, la erección de la Central Nuclear Embalse incorpora al mercado local nuevas tecnologías, debiendo mencionarse ya el impacto que producen las exigencias de calidad y las nuevas mo-