

La fabricación de los elementos combustibles para los reactores nucleares de potencia en Argentina: Un caso de inversiones productivas realizadas por un organismo de ciencia y técnica.

DOMINGO QUILICI - Comisión Nacional de Energía Atómica

Este trabajo constituye una síntesis de la historia de la fabricación de los elementos combustibles (EECC) de los reactores de potencia argentinos. En él se pasa revista, brevemente, al cúmulo de decisiones que llevaron, en este caso particular, al Estado Nacional a la concreción de proyectos productivos – la creación de empresas - a través de organismos de ciencia y técnica. En el desarrollo del trabajo se trata de responder a las siguientes cuestiones: cuáles fueron las razones que empujaron esas decisiones; qué desarrollos tecnológicos fueron necesarios; cuál fue la cooperación internacional; qué tecnología se compró en el exterior; cuáles fueron las razones para crear las empresas nacionales con el objeto de comercializar productos y servicios; cómo se decidieron las inversiones; cómo se valorizó el activo del Estado como capital de las empresas; cómo participó el Organismo del Estado – la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) - involucrado en la dirección de las empresas; cuáles fueron los incentivos para que esas empresas fueran innovativas; cómo influyeron los resultados económicos de las empresas en el organismo involucrado y en los recursos del Estado; cómo se cumplieron los objetivos que se habían fijado; cuáles fueron los beneficios intangibles de estas empresas y los derrames a otros sectores de la economía.

El informe se centrará en las empresas mixtas Combustibles Nucleares Argentinos (CONUAR)¹ y Fábrica de Aleaciones Especiales (FAE), que son las que participan en distintas etapas de la fabricación de los EECC² para las centrales electro nucleares instaladas en el país. Ellas son Atucha I (1974) y Embalse (1984). Estas usinas son responsables del orden del 8 % de la energía eléctrica interconectada que se produce anualmente.

CONUAR es una sociedad anónima entre un holding de Pérez Companc y la CNEA y FAE es una sociedad anónima entre CONUAR y la CNEA. CONUAR y FAE son fabricantes de otros bienes nucleares y no nucleares de alto valor agregado.

Después de más de 25 años de funcionamiento de CONUAR y de más 20 años de operación de FAE, se puede evaluar que las empresas cumplieron con sus objetivos: suministros críticos a las centrales nucleares a precios razonables, continuidad temporal, desarrollo tecnológico, búsqueda de la independencia en el suministro, calidad especificada, diversificación de la producción, exportaciones, mejora continua de procesos y productos y optimización de la organización. También se puede evaluar un aporte importante al desarrollo tecnológico del sector nuclear y metalmeccánico. Las empresas son sanas desde el punto de vista económico-financiero.

This report seeks to briefly summarize the series of decisions that led the National Government to the fulfillment of productive projects through science and technology organizations. Some of the questions we attempt to answer are: what reasons pushed such decisions, what technological developments were necessary, what was the international cooperation, what technology was purchased abroad, what were the reasons for creating the national companies that commercialized the products and services, what was the role of the State Organism- the National Atomic Energy Commission- involved in the management of the companies, what encouraged those companies to be innovative, what was the influence of the economic outcome of the companies in the organism involved and in the resources of the State, how were the objectives achieved, what were the intangible benefits of those companies and the effects on other areas of the economy. In addition, we will try to analyze prospects for the future.

The report focuses on the joint companies Combustibles Nucleares Argentinos (CONUAR) -Factory of Nuclear Fuel Elements- and Fábrica de Aleaciones Especiales (FAE) -Factory of Special Alloys-, which participate in different stages of the manufacturing of fuel elements for the nuclear power stations in Argentina. After more than 28-year performance of CONUAR and more than 23-year performance of FAE, it can be determined that the companies have reached their objectives: a critical supply to the nuclear power stations at reasonable prices, temporal continuity, technological development, search for supply independence, specified quality, production diversification, exports, sustained improvement of processes and products and optimization of the structure of the company. In addition, a significant contribution to the technological development of the nuclear and metal mechanical areas can be appreciated. The companies are sound from an economic and financial point of view.

¹CONUAR también está involucrada en la fabricación de los elementos combustibles para los reactores de investigación, pero en este trabajo no se tocará esta fase de la producción.

²Los EECC son conjuntos de barras metálicas, dentro de los cuales se encuentra el uranio, ensambladas formando un haz con arreglo cilíndrico, con un diámetro algo superior a los 10 cm. Los EECC de Atucha I y de Embalse están compuestos por 37 barras, aunque una barra en el combustible de Atucha es solo estructural. El primero mide más de 5 metros de largo y el de la central de Embalse, 50 cm. Dentro de las barras se produce la fisión nuclear, debiendo soportar altas temperaturas y presiones y al mismo tiempo garantizar la integridad.

1 - Antecedentes en el campo de los combustibles nucleares en la CNEA

El primer reactor nuclear de investigación que operó en Latinoamérica fue construido en la Argentina - a partir de un diseño de los ESTADOS UNIDOS- por la CNEA, el RA 1. Entró en operación en el año 1958. Los combustibles que lo alimentaban también fueron fabricados por la CNEA, lo que dio lugar, ya en esa época, a la venta del know how a Alemania³.

El desarrollo de la metalurgia necesaria para la construcción de los combustibles nucleares generó una de las ramas de la investigación y desarrollo que caracterizó a la Institución, sea por la excelencia de los investigadores y la escuela que significó para el país y para Latinoamérica, como por el derrame del saber metalúrgico a la industria convencional.

Se quiere señalar un aspecto importante que influyó en estos desarrollos: la cooperación internacional. Esta fue posible porque en esa época (fines de los '50, principio de los '60) los laboratorios de renombre internacional estaban abiertos a recibir investigadores y tecnólogos de todos los países, al menos de los alineados en "occidente". A partir de la difusión del Modelo Lineal de V. Bush (construcción del conocimiento y su aplicación socio-técnica) se establece un importante intercambio de conocimiento libre que supo aprovechar la CNEA. Pero los resultados prácticos obtenidos se debieron a que la Institución tenía un programa de desarrollo articulado con objetivos precisos, que partía desde la formación de recursos humanos en ciencias fundamentales y tecnología hasta, posteriormente, la de operarios especializados. Esto se llevó adelante con la creación del Instituto Balseiro a mediados de los años 50, los cursos de post grado para formación en reactores nucleares que comenzaron en 1953, los Cursos Panamericanos de Metalurgia desde principio de los 60, con el apoyo de la Organización de los Estados Americanos, y la Escuela de Soldadores, creada con motivo de la construcción de la Central Nuclear Atucha I (CNA I). Además, la actividad de investigación y desarrollo se desarrolló dentro de un ambiente donde se favorecía la creación de tecnología endógena para su aplicación nuclear y no nuclear.

Es justo además reconocer la buena formación de base del personal que fue al exterior, así como del resto de los profesionales y técnicos empleados de la Institución, lo que facilitó la asimilación de los conocimientos que se les brindaron fuera del país como de los que les aportaron los expertos extranjeros que fueron invitados para completar el proceso de especialización del personal⁴.

Cabe destacar que, ya antes que se iniciara el

estudio de la metalurgia y de la ingeniería nuclear, la CNEA había comenzado un esfuerzo sistemático en el campo de la minería de uranio y en los posteriores procesos de concentración y purificación de este elemento.

2. Las decisiones y antecedentes relacionados con el desarrollo de los EECC para los reactores de potencia

Para usar un punto de partida más concreto relacionado con los EECC de los reactores de potencia, se elegirá el momento en que se decidió la incorporación al sistema productivo energético nacional de la nucleoelectricidad (1965). Mas concretamente, cuando se tomó la decisión de instalar centrales nucleares de la línea a "uranio natural", con combustible a base de óxido de uranio⁵.

La decisión de que el país entrara en el todavía exclusivo club de los que producían electricidad aprovechando la energía de la desintegración del átomo, la elección de una línea de reactores con la cual se pretendía alcanzar una mayor independencia de los suministros importados⁶ y el convencimiento del desarrollo y la integración industrial que significaría introducirse en el campo energético nuclear, fueron acciones impulsadas fundamentalmente por los directivos de la CNEA, imbuidos de los pensamientos políticos de la época. Tales políticas eran, entre otras, la búsqueda de la autosuficiencia tecnológica y energética y superar el estancamiento de la primera fase del modelo de desarrollo basado en la sustitución de importaciones. Obviamente encontraron eco en las autoridades del gobierno, las cuales pensaban, entonces, que debían acompañar estos proyectos utilizando la capacidad del Estado para programar e invertir en sectores estratégicos, como el energético, y al mismo tiempo legislar para incentivar la participación de la industria nacional. Sin embargo, no se pueden comprender estas decisiones sin mecharlas con el pensamiento de Jorge Sabato, generado, en parte, desde su puesto de investigador y dirigente de la CNEA. El proyecto nuclear que se propuso relacionaba los tres vértices del Triángulo de Sabato⁷, nacido de las ideas de

³La decisión de "uranio natural" estuvo ligada, entre otros argumentos, al dominio nacional del ciclo del combustible. No se necesitaba enriquecer el uranio para lo cual se requería una tecnología que, entonces, se consideraba inaccesible y que estaba en manos de solo dos proveedores.

⁴La línea a uranio natural se consolida con la compra de la segunda central nuclear, Embalse. Esta línea no era la más difundida a nivel mundial. Las otras líneas comerciales utilizaban uranio enriquecido.

⁷"Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber donde y como innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura de geométrica de un triángulo, en donde cada uno de ellos ocuparía sus vértices respectivos". Sabato J. Botana N. "La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina". Tiempos Latinoamericanos, Ediciones Universitarias, Sgo. de Chile, 1970.

³Se vende a la empresa Degussa-Leybold (1958).

⁴Es importante entonces la relación con el exterior (1955-1965): 350 expertos extranjeros visitaron en ese periodo la CNEA y 330 profesionales latinoamericanos recibieron entrenamiento en la CNEA; y 500 miembros de la CNEA recibieron entrenamiento en el exterior. Wortman O, pag. 134. "Análisis de las instituciones científicas y tecnológicas. La Comisión Nacional de Energía Atómica". Centro de Estudios Avanzados, UBA. 1995.

la “Escuela Latinoamericana de Pensamiento en Ciencia, Tecnología y Desarrollo”⁸ (1950/70) que se difunde entonces, como una de las bases alternativas de la organización político-técnica, social y económica para los países de la región.

Con la compra de la CNA I ya se decide que los combustibles para la central se iban a fabricar en el país. En el contrato de compra se establecía la participación – en Alemania, a partir de 1968 – de personal de la CNEA en el diseño y el acceso a la tecnología de fabricación del EC para la Central. Pero al mismo tiempo se lleva adelante un proceso de capacitación propio y en ese sentido se inician acciones en el ámbito de la CNEA. Jorge Sabato convence a la empresa SIAM Electromecánica para que participe en la investigación y desarrollo en el área nuclear y acuerdan un contrato para la desarrollo de combustibles. Como consecuencia de esta decisión, un tecnólogo de la CNEA, el Ing. Jorge Mazza, y algunos colaboradores formados en el Curso Panamericano de Metalurgia, son contratados por esa empresa. En el año 1969 se entrega el primer prototipo construido con el diseño cedido por la Siemens, perteneciente al combustible del reactor experimental MZFR, que fue el que la empresa construyó en Alemania para poner a punto la tecnología de su centrales PHWR⁹. Atucha I fue la primera central comercial construida a partir de ese reactor prototipo.

Las vainas¹⁰, uno de los componentes para el combustible prototipo, fueron compradas a una empresa sueca, de las pocas en el mundo que producían ese insumo. Las pastillas de óxido de uranio que van dentro de las vainas fueron sinterizadas¹¹ bajo la supervisión de los tecnólogos del Centro Atómico Constituyente (CAC) por una empresa privada nacional.

Sin embargo, la relación con SIAM se agotó debido a: “.. resistencias generadas en la misma CNEA, por la agonía de SIAM y por un desacuerdo con respecto a la participación de Siemens en la sociedad”¹².

Como consecuencia de la ruptura con SIAM se fabricó otro prototipo argentino del combustible del reactor MZFR, pero ya en este caso las barras combustibles¹³ fueron fabricadas por personal del Departamento de Combustible en el CAC y montadas – para armar el elemento combustible propiamente dicho - por ese personal, en la firma NUKEM (Alemania). El prototipo fue ensayado en el reactor MZFR y luego sufrió las pruebas de post irradiación para verificar su

comportamiento en celdas calientes alemanas. La irradiación y la post irradiación estaban contempladas en un proyecto conjunto ejecutado en el marco del Convenio de Cooperación entre la CNEA y el Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe (Alemania) firmado en 1969.

A partir del año 1971, el Departamento de Combustible de la CNEA constituye en la fábrica alemana RBU de EECC, el “grupo de inspección” para seguir la fabricación de las primeras cargas de EECC para la CNA I, con los alcances establecidos en el contrato de compra del primer núcleo para la Central. También, durante la estadía de dicho grupo de inspección se aprovecha para estudiar el “lay out” de las instalaciones y los procesos de fabricación del EC, reuniéndose además valiosa información que serviría de base para la confección de las especificaciones y pliegos para la obra civil de la futura fábrica de EECC a construirse en la Argentina, adquiriéndose, así mismo, capacitación en el aseguramiento de la calidad.

Para subrayar el compromiso institucional en la búsqueda de la capacitación del personal y, en ese sentido, capitalizar la experiencia y el aprendizaje que generaba la construcción de la central, se relata el siguiente hecho. Durante las pruebas en frío de los combustibles alemanes en la CNA I se verificó un error de diseño. Son los tecnólogos argentinos, junto con los alemanes, los que analizan y resuelven el problema, generando modificaciones en el diseño original de Siemens.

Ya entonces, el uranio era extraído de las minas desarrolladas y operadas por la CNEA hasta el producto conocido como “yellow cake”. Para fabricar el óxido de uranio – una etapa posterior - a pesar de que la CNEA había hecho esfuerzos para producir el óxido de acuerdo a la calidad requerida, fue necesario comprar una planta “llave en mano” en Alemania, también a la firma RBU¹⁴, a fin de cumplir con los plazos previstos para integrar el “frente del ciclo de combustibles”¹⁵ a nivel industrial. Esta planta de óxido de uranio se instaló en Córdoba y es la que actualmente sigue produciendo este insumo¹⁶.

Por otra parte, para completar el dominio nacional del suministro del combustible, se inició el desarrollo de componentes estructurales construidos en base a una aleación de circonio¹⁷. Con este elemento se fabrica el zircaloy 4 que es la aleación que se emplea en las vainas y otros componentes necesarios para ensamblar el EC.

Durante el proceso de desarrollo de esta tecnología comienza la búsqueda de los equipos para fabricar las vainas. En el año 1969, Jorge Sabato, en un viaje a la Unión Soviética, a instancia de tecnólogos dedicados a este desarrollo, toma contacto con la fábrica de las máquinas

⁸Martínez Vidal C, Mari M. Revista Iberoamericana Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. N° 4, Sep-Dic. 2002.

⁹Se llaman así (sigla en inglés) a los reactores – con recipiente de presión - que producen energía eléctrica y que utilizan como moderador y refrigerante agua pesada.

¹⁰Las vainas – componente estructural - son tubos, de algo más de 10 mm de diámetro, construidos en una aleación metálica especial: zircaloy.

¹¹El polvo de óxido de uranio se conforma en pastillas (aprox. 1 cm de diámetro y 1 cm de altura) en un proceso a alta presión. Luego, por alta temperatura en atmósfera controlada, es transformado el polvo en cerámico.

¹²Ing. Roberto Cirimello, comunicación personal.

¹³Una barra es el conjunto de una vaina, con las pastillas de óxido de uranio en su interior, los tapones soldados en los extremos y otras terminaciones mecánicas que permiten el posterior ensamblado del elemento combustible.

¹⁴Las primeras entregas de combustible argentino se hicieron con uranio nacional, pero el procesamiento para llevarlo a óxido “grado nuclear” se llevó a cabo en Alemania.

¹⁵Por “frente del ciclo de combustibles” se entienden todas las actividades industriales que van desde la minería del uranio hasta la entrega del combustible en la central nuclear.

¹⁶Actualmente esta planta se convirtió en una empresa – DIOXITEK S.A. – cuya propietaria es la propia CNEA (99 %).

¹⁷No solo se encaró la metalurgia del circonio, sino también el desarrollo industrial de la producción de “agua pesada”, otro de los insumos críticos de estos reactores.

laminadoras para tubos de pared fina. Se sabía que los alemanes utilizaban máquinas de tipo similar. Sabato puede visitar la fábrica y ve la conveniencia de la compra de las máquinas rusas¹⁸.

Es importante aquí señalar la interacción de la Argentina con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Las laminadoras rusas fueron transferidas a la Argentina, en el marco de la cooperación internacional que el Organismo estimulaba. Los rublos soviéticos no eran, en aquel momento, convertibles. El costo de la maquinaria fue considerado parte de la cuota que los rusos debían pagar al Organismo y éste la cedió a la CNEA.

Por otra parte, en el marco del programa de cooperación técnica con Alemania antes citado, los contactos de los tecnólogos argentinos con sus pares alemanes permitieron adquirir equipamiento sofisticado para los laboratorios metalúrgicos, así como la visita de expertos que tuvieron, en algunos casos, participación importante en el desarrollo de la tecnología para la fabricación de los EECC¹⁹.

3. El desarrollo de las técnicas de fabricación, a nivel industrial, del EC para la CNA I.

En los años 1975-1976, teniendo en cuenta:

- el cuadro de situación en la generación núcleo eléctrica a nivel mundial en la década del '70, su proyección futura estimada en ese momento y el consecuente mercado de EECC asociado²⁰;
- la decisión adoptada por la Argentina en el año 1965 de incorporar la núcleo electricidad al sistema energético nacional; y
- los trabajos sistemáticos llevados a cabo por la CNEA en el campo de desarrollos tecnológicos a escala de laboratorios y señalados en el punto 3 precedente;

se inician acciones para la instalación, en el país, de una planta industrial de fabricación de EECC para su plan nuclear, con capacidad de suministro, en ese momento, de 3 líneas de producción: para la CNA I, para la Central Nuclear Embalse (CNE) y para una tercera central en ese entonces aun no definida.

En consecuencia, la CNEA implementa en el año 1976 dos proyectos que se ejecutarán simultáneamente:

- El "Proyecto Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares (FECN)": encargado de las obras civiles y servicios auxiliares para la planta industrial a instalarse en el CAE y, posteriormente, encarar las acciones con la industria privada nacional para la formación de una empresa que operara la misma (la futura CONUAR).
- El "Proyecto Planta Piloto de Fabricación de Elementos Combustibles Nucleares para Atucha" (PPFECN-A): encargado de desarrollar las técnicas de fabricación y

control de la línea de EECC para la CNA I, con el objetivo de alcanzar la escala de producción demandada por la Central, la provisión del equipamiento industrial necesario y el entrenamiento del personal para la línea de producción. La tecnología fue transferida de la fábrica RBU, estando el precio que se pagó por ella incorporado en el valor de las máquinas que se compraron a esa firma.

Las actividades del Proyecto PPFECN-A se desarrollaron en los galpones existentes en el CAC bajo dependencia de la entonces Gerencia de Desarrollo y fue asistido por la infraestructura técnico-administrativa de la CNEA. También contó con la participación de la industria privada nacional como proveedora de algunos equipos para la fabricación de piezas estructurales de los EECC y como prestadora de servicios demandados por la operatoria del proyecto.

En el marco de las actividades de la Planta Piloto (el Proyecto PPFECN-A) se desarrollaron dos subprogramas:

- Adquisición de todo el equipamiento de fabricación a proveedores europeos, así como la compra, en el mercado internacional, de los materiales necesarios para la puesta a punto de la tecnología y de la línea de fabricación industrial en la futura fábrica (FECN).
- Desarrollo de las técnicas de fabricación y control del elemento combustible. Con el equipamiento instalado y en operación en la Planta Piloto del CAC fueron desarrolladas las respectivas técnicas de fabricación y control, bajo especificaciones establecidas por el Departamento de Combustible de la CNEA y procedimientos de operación elaborados por la Planta Piloto.

Se dio por concluido el desarrollo cuando se alcanzó una capacidad de producción de 1,5 EECC por día – requerimiento demandado por la Central - lo que implicó una fabricación de 243 EECC, que cumplieron su servicio nuclear en la Central Atucha I²¹. El Proyecto estuvo particularmente atento a la programación de sus actividades y a la evaluación de los costos del desarrollo.

La programación del Proyecto

El Proyecto PPFECN-A fue programado por el "camino crítico" y establecía alcanzar los objetivos propuestos en el período agosto/76-septiembre/80²². Por razones de orden administrativo de índole económico financiera el proyecto sufrió un atraso de 8 meses y otros 4 por problemas técnicos.

Cabe señalar que, en esa época, la adquisición de equipos con tecnología sensitiva en Alemania se realizó sin impedimento alguno por parte de las autoridades de ese país, salvo el cumplimiento de los requisitos de salvaguardia por el

¹⁸Como dato anecdótico se cita que se conserva el "memo" que J.C. Almagro le entrega a J. Sabato antes del viaje, y la repuesta de éste a su regreso.

¹⁹Uno de estos expertos fue el Dr. Rudolf Hess en el área de planificación y ensayos en "loop".

²⁰Biondo C. "El mercado mundial de EECC y la inserción de la Argentina en el mismo". Revista Nuclear N° 13, 1983.

²¹Uno de los dos primeros EECC ingresados a la Central falló, lo que obviamente generó polémica. Sin embargo, la idiosincrasia de los tecnólogos era conciente de la necesidad de "aprender haciendo" y "tomar riesgos" y, en consecuencia, se siguió adelante. Las tasas de fallas resultantes al final del servicio de los 234 EECC resultaron compatibles con las verificadas en los EECC de origen RBU.

²²Biondo C. Koll . Propuesta de Proyecto PPFECN-A. D-CN-03. CNEA, 06-08-76.

Organismo Internacional de Energía Atómica imperantes en la época (ver punto 5.3).



Elemento combustible de la Central Nuclear Atucha I

La economía del proyecto

El "costo del desarrollo" de la tecnología de fabricación y control del elemento combustible CNA I" se calculó como la diferencia entre "todas las inversiones realizadas para lograr el objetivo del Proyecto propuesto" y el "producido físico del Proyecto", entendiéndose por esto último, el valor de los bienes de capital y de los materiales que se transfirieron a la fábrica "a posteriori", menos el valor de la energía producida en la CNA I por los 243 EECC fabricados en la Planta Piloto.

El "costo de desarrollo" puede definirse como el "producido tecnológico del Proyecto"²³ y constituye una cuantificación del "conocimiento adquirido" por el personal del Proyecto que, en un 80%, fue incorporado posteriormente a CONUAR. Dicho "costo de desarrollo" fue incluido en la negociación económica llevada a cabo en oportunidad de constituirse la empresa CONUAR que operaría la FECN, cerrando, de esta forma, el balance contable del Proyecto PPFECN-A e incorporando al patrimonio productivo del país una fuente genuina de recursos.

²³Biondo C. "Costos del desarrollo de la tecnología de fabricación y control del EC Atucha I". Informe de la Gerencia de Desarrollo del 18-02-1982.

4 - Las inversiones productivas

En 1976 la dirección del Proyecto FECN decide la construcción de la planta industrial (obra civil y servicios auxiliares) para fabricar los combustibles. En 1977 se llama a licitación para la construcción (adjudicada a una firma local), de la que fue una obra con especificaciones muy exigentes (11.000 metros cuadrados cubiertos) proyectada íntegramente en la CNEA. La maquinaria instalada en la Planta Piloto fue trasladada a la nueva planta industrial²⁴. Durante la construcción de la planta industrial de combustibles se decide la construcción de la Central Nuclear Atucha II (CNA II), la tercera central nuclear argentina, y se prevén amplias facilidades para un posterior aumento de la producción²⁵. La construcción fue solventada por el presupuesto de la CNEA. El costo de la obra civil y los servicios auxiliares fue del orden de los 20 millones de dólares. La planta industrial se instaló en el predio del CAE²⁶.

4.1 La constitución de la empresa de fabricación de combustibles CONUAR.

Con la fábrica de combustibles en construcción, la dirección de la CNEA eligió un jefe para coordinar las acciones de los dos proyectos PPFECN y FECN. Esta designación recae sobre un profesional de la CNEA (egresado del Instituto Balseiro) que había tenido una rica experiencia en el grupo de investigación y desarrollo de la empresa ALUAR. Él es el que comienza a pergeñar la organización industrial de la producción. Estaba claro, en ese entonces, que la operación de la planta debía ser responsabilidad de un socio privado con experiencia industrial²⁷⁻²⁸.

A través de un concurso público se ejecuta la búsqueda del socio privado, como socio industrial, con una participación mayoritaria en la futura empresa. Además se establece en las condiciones del pliego que el socio debía ser de capital local y de origen nacional. Gana la oferta de la empresa VIALCO, que representaba a la siderúrgica TAMET. Mas tarde TAMET es relevada (la empresa entra en convocatoria de acreedores), a través de una negociación onerosa, por la empresa EMA S.A. (Electromecánica Argentina) que pertenecía a SADE del Grupo Pérez Companc. Cuando se estaba formalizando el contrato se

²⁴Pocos equipos fueron adquiridos especialmente para la planta industrial (FECN), unos de ellos fueron los hornos de sinterizado.

²⁵Con el Decreto PEN N° 302/79 se decide la instalación de cuatro centrales más, que debían entrar en operación antes del año 2000, la primera de ellas sería Atucha II.

El Departamento de Factibilidad de Centrales Nucleares (CNEA) realizó un "Estudio de ubicación de una fábrica de elementos combustibles nucleares", en 1976, donde se analizaron diferentes sitios para el emplazamiento.

²⁶Sabato había dejado este legado. Él consideraba que la CNEA debía concentrar su actividad en el desarrollo y en la optimización de los procesos industriales. El intento de asociación con SIAM lo demuestra. El concepto del "socio tecnológico". Entrevista a Jorge Sabato "Para el prontuario del Plan Nuclear Argentino", Revista Ciencia Nueva, N°1, 1970.

²⁷⁻²⁸El Dr. Edgardo Bisogni es el jefe elegido por el presidente de la CNEA para organizar la empresa con el mandato de formar una sociedad mixta con mayoría privada.

conoce que un 5% de las acciones de SADE pertenecían a General Electric de los Estados Unidos y, por lo tanto, que estaba inhabilitada por lo establecido en los pliegos. Es así que se forma la empresa PECON NUCLEAR que pertenecía exclusivamente al Grupo Pérez Companc²⁹.

Cabe mencionar la activa y decisiva participación de la Gerencia de Asuntos Jurídicos de la CNEA en todos estos trámites y en la posterior redacción de los estatutos y contratos que regirán a las empresas.

El 19 de diciembre del año 1981 se crea la empresa CONUAR³⁰ por Decreto del PEN N° 1.719, como sociedad anónima entre la CNEA y el holding de Pérez Companc. En la sociedad inicialmente se había previsto el ingreso de un tercer socio privado (CNEA con el 25% de las acciones (preferenciales), el socio operador con el 50% y el tercero con el 25% restante), pero nunca se llegó a perfeccionar esta participación. Posteriormente se acuerda que la sociedad quede constituida con el 66,67% de las acciones en manos del socio privado y el 33,33% restante en las de la CNEA.

El 2 de abril de 1982 se inaugura oficialmente la planta y, a partir de entonces, comienza a suministrar combustible a la CNA I, en un principio utilizando los semiterminados transferidos desde la PFCN e importando algunos de los componentes estructurales. En esa oportunidad, el Presidente de la CNEA, Valte. Carlos Castro Madero dijo:

“..En cumplimiento de las políticas y objetivos en materia nuclear (Dtos. PEN 3183/77 y 302/79), y bajo condiciones que aseguran el poder de decisión estatal, se decidió la constitución de una sociedad anónima, dando la participación mayoritaria a una empresa privada de capital nacional. Esta forma posibilita que el sector privado aporte el “know how” de ingeniería industrial y proporcione su capacidad administrativo-financiera y de operación industrial, permitiendo a la Comisión Nacional de Energía Atómica concentrarse en sus misiones específicas que en este campo significan el desarrollo de nuevas tecnologías..”
“..El modo de acción adoptado permite garantizar al país que tendrá el control del combustible nuclear que consume, incluyendo su costo, y que tendrá también el dominio tecnológico y, por lo tanto, la seguridad de poder continuar introduciendo en el país mejoras de diseño y nuevos desarrollos en el campo de los combustibles nucleares..”³¹

No se cuenta con un documento de esa época que refleje el pensamiento del holding Pérez Companc respecto a la decisión de formar parte de una sociedad mixta con el Estado. Mas allá de los beneficios económicos, que obviamente están implícitos, se tiene alguna referencia más reciente sobre este asunto. En un seminario sobre instituciones científicas tecnológicas realizado en 1994, el entonces y actual Gerente General de la empresa CONUAR, Ingeniero Alberto Andino, manifestó:

“..Pero nosotros no la mirábamos por el espectro específico de la tecnología nuclear, sino siempre por el poder sinérgico y de palanca, ya que cuando se maneja una tecnología

sensitiva realmente se manejan muchas tecnologías. Les aclaro: ustedes (la CNEA) manejaban en ese entonces tecnologías de vacío, “brassing”, metalurgia, electrónica, en fin, toda una gama que no desconocen. Y esta era la real fuerza que buscábamos cuando ingresamos en esto, porque la industria en la que estábamos operando empezaba a sentir fuerte dependencia de la restricción tecnológica³².

El Estatuto de la empresa le daba a la CNEA el derecho de elección del Presidente y Vicepresidente del Directorio, así como de dar acuerdo para el nombramiento del Gerente de Control de Calidad. Además la CNEA podía ejercer poder de veto sobre acciones comerciales relacionadas con la compra de “know how” que juzgase riesgosas para la pérdida del dominio de la tecnología de fabricación del combustible. También establecía el valor del capital accionario de la CNEA, en función del a tecnología transferida. Además fijaba el 2% de lo facturado por la empresa como fondo para ser utilizado en investigación y desarrollo.

El Estatuto determinaba que la relación entre los socios estaba regida fundamentalmente por dos contratos: el “Contrato de Fabricación y Suministro” y el “Contrato de Compras”.

La CNEA era la compradora de los EECC, operación regulada por los referidos contratos. Las compras se hacían a través del “Contrato de Compras” para el suministro de aproximadamente un año. En el “Contrato de Fabricación y Suministro” se estableció un número base de EECC anuales, que eran los que en operación normal debían demandar las centrales, y que servía para los cálculos de los gastos fijos y semi fijos, a fin de determinar el precio del combustible. Se establecía, además, que el precio de venta de cada “Contrato de Compra” de EECC incluiría una retribución “al esfuerzo empresario” del 9% sobre los costos de fabricación.



Planta industrial de CONUAR S.A. - Centro Atómico Ezeiza

El Contrato de Fabricación y Suministro era por 20 años y a costo abierto. La CNEA cobró un “royalty” a CONUAR por el uso de la tecnología, pago a prorratearse en los sucesivos “Contratos de Compra” hasta completarse después de la entrega de 4.050 EECC. Además se establecía que la empresa pagase a la CNEA el alquiler de las instalaciones, el cual se prorratearía por línea de fabricación, a medida que éstas fuesen entrando en producción³³.

²⁹Ing. Roberto Cirimello y Dr. Bisogni. Comunicación personal.

³⁰El acrónimo CONUAR – Combustibles Nucleares Argentinos – es idea del Dr. Bisogni, que se inspiró en ALUAR – Aluminio Argentino.

³¹Revista “CNEA informa”, Año III, N° 9, Abril 1982.

³²Pag. 58, “Análisis de las instituciones científicas y tecnológicas. La Comisión Nacional de Energía Atómica”. Centro de Estudios Avanzados, UBA. 1995.

³³Por ejemplo, con la fabricación de la línea Atucha I se pagaba el 26% del valor del alquiler.

A su vez la CNEA reservó para sí la responsabilidad de la ingeniería del producto, la provisión de tecnología y el análisis de las desviaciones de fabricación con el derecho a la aceptación o rechazo.

El "Contrato Fabricación y Suministro" contemplaba la asistencia técnica de la CNEA durante el periodo de puesta en marcha y, "a posteriori", con costos del servicio que se pactarían en la medida de las necesidades. Además establecía que la CNEA debía entregar el uranio -grado nuclear³⁴- a CONUAR. El personal técnico con la cual se inició la operación de CONUAR provino, casi en su totalidad, de la mencionada Planta Piloto de la CNEA.

4.2 La innovación en la empresa

Los procesos innovativos estaban incentivados en el "Contrato de Fabricación y Suministro". La disminución del costo del combustible por mejoras provenientes de la empresa se reconocía en los beneficios obtenidos que se reflejaban en los balances. Los beneficios por innovación se distribuirían desde un 100% para el primer "Contrato de Compra" sólo para la CNEA - periodo de puesta en marcha de la fábrica - hasta un 100% para la empresa a partir del 5° "Contrato de Compra".

En un principio, el 2% de la facturación como fondo para investigación y desarrollo iba mayoritariamente a la CNEA. Más adelante la empresa, a medida que maduró en el dominio de la tecnología, comenzó también a emplear este fondo. El Directorio de la empresa tenía un "Comité Ejecutivo"³⁵, establecido en el Estatuto, que aprobaba el destino de los fondos.

Por otra parte, la CNEA revisaba el presupuesto presentado por CONUAR cada año - esto fue así hasta que el "Contrato de Fabricación y Suministro" pasó a la empresa Nucleoeléctrica Argentina SA³⁶ (NASA) - y lo aprobaba. De esta manera se ejercía un control de gestión que pretendía redundar, al fin, en una disminución del precio del combustible.

A su vez, es importante destacar que ha sido y es política de la empresa la capacitación del personal en todos los niveles, así como favorecer la participación del mismo en sugerencias que tiendan al mejoramiento de la productividad. Este accionar ha contribuido a que la tasa de rechazo del combustible durante la fabricación y de falla en la operación fueran mejorando paulatinamente.

La calidad en este tipo de fabricación es la de máxima exigencia. En ese sentido CONUAR, desde muy temprano, adoptó las normas de calidad ISO de la serie 9000, más tarde incorporó las normas ambientales ISO de la serie 14000 y últimamente las normas sobre salud ocupacional. Esta política ha permitido a la empresa la optimización del gerenciamiento, además de situarla como proveedora internacional.

La empresa ha mantenido una estrategia de reequipamiento con la cual ha capitalizado su experiencia. Las inversiones, en su mayoría, se hicieron con la utilización de

parte de los dividendos, aunque algunas veces se recurrió a créditos internacionales para esos fines.

CONUAR también participa en las convocatorias que realiza el FONTAR³⁷ para el financiamiento de proyectos de investigación y desarrollo a través de exenciones impositivas.

La innovación en la fabricación del combustible para Atucha I tuvo un hito importante que es único en el campo de los reactores nucleares a uranio natural. Los actuales combustibles para esta central son de uranio levemente enriquecido³⁸, lo que significa una disminución del costo de generación que se debe, en gran medida, a que el número de EECC utilizados se reduce casi a la mitad para producir la misma cantidad de energía. Esta modificación del diseño original fue producto de un largo trabajo de desarrollo donde tuvieron activa participación la CNEA, la propia empresa y también la NASA.



Línea de fabricación de EE.CC. tipo Atucha I en CONUAR

CONUAR se ha especializado, aprovechando la capacidad de sus máquinas herramientas y el manejo de aleaciones no convencionales, como proveedora de equipos especiales para reactores nucleares y otros usos. Por esto ha participado en importantes suministros a las centrales argentinas y se ha convertido en un proveedor internacional de componentes muy sofisticados con características únicas o sea, suministros no de serie³⁹. Para la realización de estos suministros fue modificado el objetivo social de la empresa establecido en el Estatuto. Posteriormente éste se ha vuelto a modificar para permitirle participar en el mantenimiento de centrales eléctricas como contratista principal y participar en proyectos de ingeniería y venta de equipos relacionados.

4.3 El desarrollo del combustible CANDU para la central de Embalse

Merece un punto aparte el desarrollo y posterior fabricación del combustible CANDU. Cuando se compró la

³⁴Oxido de uranio con pureza y propiedades físicas apto para fabricar las pastillas combustibles.

³⁵Lo conformaban el Gerente General de la Empresa y los Directores por la CNEA.

³⁶La empresa del Estado que opera las centrales nucleares a partir de 1994.

³⁷Organismo dependiente de la Agencia de Promoción Científica Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

³⁸El uranio levemente enriquecido tiene el 0,85 % del isótopo U-235. El uranio natural tiene el 0,72 % de este isótopo y los denominados reactores a uranio enriquecido, los más difundidos, están alimentados con un combustible enriquecido entre el 3 y el 5 %.

³⁹Por ejemplo: barras de control de reactividad para la producción de cobalto 60 utilizadas en la CNE y fabricación de contenedores de transferencia de materiales radioactivos para AECL.

CNE (1973) de la línea CANDU al Canadá, la empresa AECL, dueña de la tecnología de la Central, se comprometió a oficiar con los fabricantes del combustible la transferencia de la tecnología a la CNEA.

En ese entonces, la Argentina no era signataria del "Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares" (TNP). Como consecuencia de la explosión de un artefacto nuclear realizada por la India en 1974, se conforma el llamado "Club de Londres" (actualmente "Nuclear Suppliers Group"), integrado por los países poseedores de tecnología nuclear comercial. Ellos se auto impusieron que las operaciones comerciales que involucrasen materiales y tecnologías "sensitivas"⁴⁰ no podían realizarse sin la previa firma del TNP por parte del Estado comprador. Este hecho obligó a Canadá a rectificar el compromiso asumido respecto a la transferencia de la tecnología para el combustible CANDU⁴¹.

En el marco de la autosuficiencia tecnológica establecida en el Plan Nuclear, se decidió entonces avanzar con la fabricación propia del combustible CANDU, en vez de resignarse a comprarlo "sine die". Por primera vez se presentaba la necesidad de realizar el diseño de detalle y calificación de los EECC, a partir del diseño y materiales dados por el diseñador del reactor (AECL) sin la posibilidad de interactuar con el fabricante del combustible. Se decidió en consecuencia formular un proyecto: "Suministro Combustible para Embalse" (SUCOEM⁴²), que estaba estructurado en tres grandes líneas:

- Diseño de detalle y calificación, que culmina con la irradiación de 9 barras en un reactor experimental (NRC) del Canadá⁴³.
- Desarrollo de los procesos (soldadura por "brazing", "coating" de grafito, nuevo proceso de pastillado,) que se llevan a cabo en distintas instalaciones de la CNEA.
- Suministro, desarrollo, construcción, instalación y puesta en marcha del equipamiento, que se realiza directamente en las instalaciones de CONUAR.

Se destaca la organización del Proyecto SUCOEM que fue estructurado con el objetivo de generar tecnología que fuera directa y exitosamente transferida a la industria.

Una parte de las tareas fueron encaradas por grupos "ad hoc" que dependían del Jefe del Proyecto y otras, en cambio, se atendieron en forma matricial utilizando las capacidades existentes en el CAC. El SUCOEM celebró un contrato de suministro con la empresa INVAP para el desarrollo del equipamiento, pero el personal afectado quedaba bajo la dependencia del Jefe del Proyecto. Por otra parte se hizo necesaria la contratación de personal especializado en procesos, que se tomó de la industria automotriz, así como de técnicos en mantenimiento electrónico y expertos en vacío y en desarrollo de máquinas. Se buscó encontrar la interfase entre la gente de los laboratorios de investigación y desarrollo y la utilización del

desarrollo en la línea industrial. Además, se trabajó siempre en contacto con el personal técnico y operario calificado de CONUAR. La gestión administrativa y contable fue del Proyecto. Es de subrayar el alto grado de compromiso individual y colectivo para la consecución de los resultados que se vivía en el ámbito del Proyecto.

Dentro de los desafíos que implicaba esta apuesta, la máquina para soldar los tapones a la vaina de las barras era uno de los elementos más importantes en la cadena del desarrollo. Se consiguió comprar en Estados Unidos una máquina por contratación directa, sin ninguna condición para el uso. Pero la empresa fabricante del equipo debía obtener permiso del gobierno canadiense para exportarla, el cual fue denegado estando la máquina ya en el puerto.

Los tecnólogos del Proyecto se ven, entonces, obligados a emprender el diseño, construcción y puesta a punto de una máquina nacional, que debía tener una concepción original, puesto que la máquina que se había intentado comprar estaba patentada. El desarrollo de la máquina de soldar tapones dio origen a una patente nacional e internacional. Posteriormente la firma INVAP comercializó este equipo en el extranjero⁴⁴.

Otro ejemplo de desarrollo de procesos y de equipamiento fue la puesta a punto de la soldadura de los patines⁴⁵ por "brazing". Para esto era necesario trabajar con berilio, que es un elemento tóxico y requiere medidas severas de seguridad para su manejo. Para ello fue necesario construir laboratorios especiales aprovechando instalaciones existentes, en este caso en el CAE. Otros laboratorios de desarrollo se montaron en el CAC. Los equipos de fabricación fueron armándose partiendo de partes que se compraban en el mercado internacional y partes que se desarrollaban en el mercado local.

Mientras se llevaba adelante este proceso se estaba poniendo en marcha la CNE y era necesario comprar el combustible a los proveedores canadienses – General Electric y Westinghouse. El celo en aquel momento era tal, con respecto a la tecnología, que el proveedor no permitía a los inspectores argentinos entrar en la fábrica para realizar las acciones tendientes al aseguramiento de la calidad. Esta actitud fue particularmente rígida en ocasión de la compra de los combustibles para el primer núcleo pero, como se verá enseguida, se fue ablandando en relación con las siguientes órdenes de compra.

Como la Argentina tuvo que comprar más combustibles de los que estaban previstos en el contrato de suministro de la Central hasta que pusiera en marcha su propia fábrica, aprovecha entonces la oportunidad que le ofrece un nuevo proveedor de combustibles CANDU: la *Combustion Engineering Co* (CE). Esta se instala en una zona promocional para la industria – en Canadá - donde se había construido una central CANDU gemela a la de Embalse, para proveerle los elementos combustibles. La empresa entró en

⁴⁰Entendiéndose por sensitivos aquellos materiales o tecnologías que podían tener un uso dual: pacífico-comercial y bélico.

⁴¹La India había utilizado un reactor experimental vendido por AECL para producir el material fisil para su artefacto explosivo.

⁴²A cargo del Ing. Roberto O. Cirimello.

⁴³Esto fue posible gracias al Acuerdo de Transferencia de Tecnología (ATT) firmado durante las negociaciones para la adjudicación de la CNE.

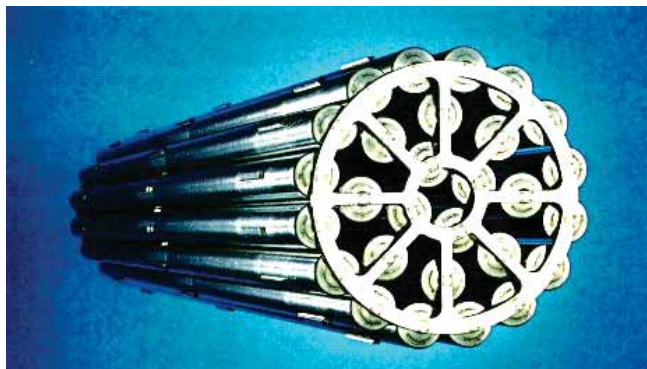
⁴⁴Se vende a la India y Rumania. Carasales J.C. Ornstein R. La Cooperación Internacional Argentina en el Campo Nuclear. CARI, 1998.

⁴⁵Los patines o separadores son pequeños flejes, de sección rectangular, que se sueldan a las vainas que permiten luego el ensamble del combustible.

el mercado canadiense en condiciones de debilidad frente a los proveedores establecidos, ya que AECL tenía un mecanismo para la fijación de precios para el combustible que se basaba en establecer un valor para el 50 % de las provisiones anuales y dejar librado a la competencia el 50 % restante. CE no fue incluida en este arreglo. También dependía de sus competidores para el suministro de vainas y semiterminados de zircaloy. En ese escenario la CNEA hace un concurso de precios para el suministro adicional mencionado y logra ventajas significativas en precio y acceso a la inspección de fabricación por parte de CE, negado hasta ese momento por los otros fabricantes.

Resulta interesante resaltar algunas conversaciones que se mantuvieron con esta empresa respecto de la posibilidad de que la Argentina le suministrase vainas para la fabricación de los elementos combustibles a partir de la fábrica nacional FAE que estaba cerca de ponerse en marcha. La CE quería escapar del monopolio que la proveía. Lamentablemente esta operación no se concretó porque la CE salió del mercado debido a que no subsistió a las condiciones de competencia a que fue sometida. Pero cuando esto sucedió ya la Argentina podía negociar sus pretensiones entre la General Electric y la empresa Zircatek, que era la nueva razón social de Westinghouse.

Naturalmente durante todo este proceso, los tecnólogos que estaban desarrollando la tecnología del combustible pudieron mejorar los conocimientos necesarios para decidir acerca de la conveniencia de la tecnología a utilizar.



Elemento combustible para la Central Nuclear Embalse

Como ya se mencionó, la fase final del montaje de la fabricación del combustible y puesta en marcha de las instalaciones se lleva a cabo directamente en la fábrica CONUAR, con participación del personal técnico de la empresa. Este accionar facilitó y aceleró la posterior fabricación industrial.

La producción del combustible, bajo responsabilidad de la CNEA, comienza en diciembre de 1983 y se extiende hasta fines de 1987, fabricándose en ese periodo 3.000 EECC que fueron reemplazando paulatinamente a los combustibles canadienses. Es necesario subrayar la colaboración de la Dirección de la Central que con su accionar⁴⁶ permitió finalizar la primera etapa de

⁴⁶El director de la Central tenía el compromiso de cumplir con la producción pactada de electricidad. Por otra parte, las garantías sobre el buen funcionamiento de la Central eran, en parte, responsabilidad del proveedor de la tecnología (AECL). Por lo tanto, el Director asumía un riesgo controlado al probar componentes que todavía no habían alcanzado la categoría de "calificado". Esto demuestra el compromiso tecnológico de todos los sectores involucrados.

calificación de la tecnología y de las técnicas de fabricación.

En 1988 CONUAR toma la responsabilidad de la línea de producción, fabricando en ese año 2.800 combustibles que irradiados en la CNE completan la serie de calificación.

Los "Contratos de Fabricación y Suministro" regularon la relación entre CNEA y CONUAR. Para establecer el precio del combustible CANDU se valorizó la tecnología que se transfirió a la empresa y la CNEA recuperó ese valor a través de una alícuota en el precio del combustible durante los siguientes 10 años. También el valor del equipamiento instalado en CONUAR fue recuperado por la CNEA en cuotas anuales durante dicho periodo. Además, la empresa comenzó apagar a la CNEA la alícuota de alquiler correspondiente por uso del edificio.



Línea de fabricación de EECC tipo CANDU en CONUAR

Respecto a las innovaciones sobre producto y proceso, CONUAR, sobre la base de la experiencia de muchos años de producción, realizó optimizaciones importantes de la tecnología de fabricación de los elementos combustibles CANDU. Alguno de ellos fueron:

- Sistema automático lineal para el frentado de vainas, llenado de vainas con pastillas, soldadura de tapones y maquinado final de las barras combustibles. Este sistema es el más avanzado en el mundo para este tipo de combustible y puede operar sin un solo operario.
- Cambio del sistema de grafitado en horno continuo por uno "batch".
- Cambio en el posicionamiento de los espaciadores con asistencia de la *Canadian General Electric*.
- Optimización del dispositivo de ensamble de barras combustibles y soldadura de grillas extremas.

4.4 La creación de la Fabrica de Aleaciones Especiales (FAE)

Esta es la instalación para la fabricación de los elementos estructurales que se utilizan en la producción del combustible. Su origen se remonta a la adquisición de la maquina laminadora de vainas comprada en la Unión Soviética, que llega al país en 1972. En 1973 la CNEA hace una presentación al Consejo Federal de Inversiones (CFI) para lograr financiamiento para el desarrollo. Posteriormente se conversa con el Instituto Nacional de Tecnología

Industrial (INTI) para trabajar en forma conjunta en el desarrollo del proceso de fabricación. Ninguna de estas iniciativas llega a puerto.

En 1974, la entonces Gerencia de Tecnología de la CNEA crea el "Programa Tecnología de Circonio y sus Aleaciones"⁴⁷, que da origen a dos sectores. Uno para el desarrollo de la tecnología: la Planta Piloto de Fabricación Aleaciones Especiales (PPFAE). En ella se montan la laminadora rusa y otros equipos, en instalaciones construidas en el predio del CAE. El otro sector se convierte en el proyecto para la implementación industrial: la Fabrica Aleaciones Especiales (FAE)⁴⁸.

Las decisiones de completar el desarrollo de la tecnología e iniciar el proyecto industrial se insertan en la estrategia de la CNEA de llegar al dominio de todas las etapas del ciclo de combustible nuclear pero, además, coincide con la decisión del "Club de Londres" de declarar material sensitivo también al zircaloy – la aleación basada en circonio con la cuál se fabrican los elementos estructurales.

Hablando del desarrollo de la tecnología los autores citados dicen: *"...Contando con un grupo de personal con formación metalúrgica adecuada se pudo encontrar una cantidad importante de trabajos publicados sobre aspectos técnicos o científicos de las propiedades y características de las vainas de zircaloy; menos importante resultó la información existente sobre la dependencia entre operaciones unitarias del proceso de fabricación y las propiedades resultantes. Casi nula resultó la información referente a la historia de fabricación relacionada con las propiedades del producto final"*, lo que da una idea del esfuerzo que significó pasar del laboratorio a la producción industrial.

El proyecto FAE implicó el diseño de la obra civil y de los servicios de la instalación fabril, y la adquisición del equipamiento comprando más laminadoras a los soviéticos y otros equipos a los alemanes. El proyecto y el posterior llamado a licitación para la construcción estuvieron enteramente a cargo de personal de la CNEA, con colaboración de la empresa INVAP. Durante esta fase también se encaran desarrollos propios, como fue el horno de vacío para tratamientos térmicos, junto con la empresa INVAP, quien lo proveyó. La obra fue financiada por el presupuesto de la CNEA con un costo algo superior a los 20 millones de dólares. La planta fue instalada en el CAE, en un predio lindante con CONUAR.

Con la tecnología desarrollada en la PPFAE, el personal de esta planta piloto se traslada a las nuevas instalaciones fabriles para ponerlas a punto a escala industrial, durante un periodo aproximado de 2 años. Ya en ese tiempo se suministran componentes a CONUAR.

Más adelante los autores escriben: *"En resumen no es posible encontrar información industrialmente relevante (...) por lo que la búsqueda de tal información requiere capacidad científica y lo que es mas importante, poseer "sentido industrial". Como experiencia del desarrollo realizado queda que, en general, se pueden encontrar científicos capaces, pero unos pocos poseen por motivación*

y formación un sentido de análisis crítico sobre procesos industriales". Acá se sintetiza el espíritu que alentaba a los hombres que transformaron el conocimiento en tecnología.

La tecnología puesta a disposición por la CNEA abarcaba la laminación de las vainas partiendo de semiterminados importados (llamados "trex" – tubos de pared gruesa), así como la tecnología para la fundición de aleaciones de circonio⁴⁹. Con la empresa privada nacional se llevaron adelante experiencias de forjado y extrusión de los lingotes provenientes de la fundición. Por razones de conveniencia económica – debido a problemas de escala - se decide continuar con la importación del "trex". Sin embargo, se pone a punto la fabricación de un semiterminado - barrotos - con los cuales se fabricaron en CONUAR piezas para los combustibles⁵⁰.

La CNEA es autorizada a crear la empresa FAE S.A. por Decreto PEN N° 1.088 del 30 de junio de 1986. El espíritu del Decreto refleja el plan estratégico que se había fijado la Institución: autosuficiencia tecnológica en el área, participación de la industria privada en el negocio, utilización de la tecnología nuclear en la industria convencional para diversificar la producción (llamados en este caso productos afines) a los efectos de mejorar la rentabilidad y como derrame al sistema productivo en general, aportando tecnología capaz de generar alto valor agregado.

La CNEA llama a licitación pública de empresas nacionales para buscar el socio mayoritario que debía operar las instalaciones. Además de CONUAR, durante parte del proceso licitatorio participan dos compañías ligadas a la fabricación de tubos. Una de ellas llega hasta el final, pero no se presenta a la apertura de los sobres. CONUAR es por lo tanto la adjudicataria, lo que lleva a la creación de una sociedad anónima, FAE S.A., con una participación accionaria de CONUAR del 68% y un 32 % de la CNEA.

La CNEA puso como capital para la empresa la tecnología, las maquinarias y el "stock" de materia prima. CONUAR integró su parte con dinero en efectivo. Al igual que en CONUAR, la empresa (FAE) le paga a la CNEA alquiler por el edificio, en función de las líneas de la producción demandada.



Planta Industrial de FAE S.A. – Ezeiza

⁴⁹La empresa INVAP obtuvo un contrato de la CNEA para el desarrollo de la tecnología para la obtención de la "esponja de circonio" a partir del mineral. La esponja es la materia prima para la fabricación de lingotes utilizando el horno de arco en vacío instalado en FAE. Pero este proceso no se llevó a escala comercial.

⁵⁰Los separadores de los EECC para la CNA I.

⁴⁷Este programa estuvo a cargo del ing. Jorge Kittl.

⁴⁸J. C. Almagro, J. Kilt, "Manufacture of sheaths for fuel elements", International Seminar on Heavy Water Reactor Fuel Technology", S.C. de Bariloche, 1983.

Como en la fábrica CONUAR, el Estatuto establece que la empresa privada debía ser de capital nacional y que ésta no podía vender ni parte ni todo su capital accionario a una empresa extranjera y que la CNEA, a pesar de ser minoritaria⁵¹ tiene poder de veto sobre las operaciones comerciales que implicaran riesgo para la pérdida del dominio de la tecnología. Aquí también se repite el esquema establecido para CONUAR para la elección de los Directores y del Comité Ejecutivo. También se estableció en el Estatuto que el 2 % del facturado se utilizaría para investigación y desarrollo.

Junto con la aprobación del Estatuto se decide formalizar las relaciones entre CNEA y FAE a través de una serie de contratos:

Contrato de tecnología

Este documento es el que instrumenta la provisión, por parte de la CNEA a FAE, de la información y asistencia para la fabricación de vainas, "trex", y semiterminados, a escala industrial, para cumplir con el suministro que demanden las centrales nucleares. También establece el compromiso permanente de la CNEA de prestar nuevas colaboraciones a FAE en función de sus capacidades, incluyendo la tecnología de productos afines.

La transferencia de información está definida en el campo de la ingeniería (ingeniería de producto, sistema de control de calidad, ingeniería de proceso, instrucciones de fabricación e ingeniería de compras, por citar algunas). En el campo de la asistencia técnica, la empresa puede solicitarla a la CNEA después de la puesta en marcha. En este aspecto se establecen plazos, procedimientos y responsabilidades. Se acuerdan también los mecanismos para la capacitación del personal de FAE por parte de la CNEA.

Un capítulo está dedicado a las licencias, donde se establece que la CNEA debe entregar las licencias de fabricación de los componentes nucleares exclusivamente a FAE. Es interesante mencionar que la CNEA otorgó a FAE el derecho para construir plantas en el extranjero, salvaguardando siempre la tecnología. En este capítulo también se establecen los derechos sobre patentes que se puedan generar durante la operación de la planta, sea por la CNEA como por FAE.

El capítulo de las compensaciones establece un monto fijo por la entrega de la tecnología de cada uno de los productos. También se fija el valor de la asistencia técnica y de la capacitación. Además se pacta un "royalty" por unidad de producto fabricado durante la vigencia del contrato.

Contrato de Suministro

Establece los derechos y obligaciones recíprocas de la CNEA y FAE para la fabricación y suministro de vainas y semiterminados destinados a la elaboración de los elementos combustibles para las Centrales Nucleares Atucha I, Embalse y Atucha II. Las obligaciones de FAE son operar las instalaciones, cumplir con los suministros de los

productos de aleaciones de circonio, garantizar la calidad, mantener los inventarios actualizados de los productos y materias primas críticas, el mantenimiento de las instalaciones, la seguridad de la operación y los seguros correspondientes. También se establece la obligación de la empresa de prestar servicios a la CNEA de conformidad con lo que se conviniere, relacionados con la ingeniería de fabricación y los costos, y a proveer hasta un tope de material para los desarrollos que la CNEA encarase.

Las obligaciones de la CNEA respecto a la empresa están establecidas, en primer lugar, en lo referente a la exclusividad de FAE como fabricante de aleaciones de circonio, así como la obligación de la CNEA de involucrar a la empresa en todos los negocios relacionados que la institución desarrollase, tanto en el país como en el extranjero. También se hace explícita mención a los buenos oficios de la CNEA para facilitar la importación de materiales o maquinarias que pudiesen ser considerados críticos. Así mismo, se establece la obligación de la CNEA de entregar a FAE toda la documentación referida a la tecnología, así como las licencias de fabricación.

Inicialmente el suministro estaba pactado a un precio fijo determinado. Mientras que FAE adquiere el derecho de comercializar libremente los productos afines, realizar las inversiones para mejorar su productividad, contratar al personal y fijar las condiciones laborales de acuerdo a su criterio, se compromete a no hacer responsable a la CNEA en las demandas de terceros por la calidad de los productos vendidos.

De común acuerdo la empresa y el socio CNEA se comprometen a mejorar la tecnología mediante desarrollos conjuntos o separados; en este último caso, de acuerdo con el contrato, la CNEA debe aprobar las modificaciones de proceso o producto que realizara FAE de "motu proprio". Las desviaciones que se produjesen durante la fabricación respecto a lo especificado, deben ser aprobadas o rechazadas por la CNEA⁵².



Fabricación de tubos de zircaloy en FAE S.A.

⁵¹CNEA es relativamente minoritaria, porque sumando las acciones que tiene en CONUAR alcanza aproximadamente el 55% del capital.

⁵²Inicialmente la CNEA era la compradora del producido de FAE. Ahora este paso se obvia, la compradora es CONUAR. La aprobación de las desviaciones y otros servicios tecnológicos la CNEA los cobra como servicios a terceros.

El contrato fijaba los precios de los productos nucleares teniendo en cuenta dos factores:

- Las mejoras tecnológicas.
- El aumento de producción debido a la entrada en operación de Atucha II.

Los precios se establecían en función de estudios de costos detallados, donde se tienen en cuenta los costos de los factores por producto, los gastos de administración, las amortizaciones, los fondos para el desarrollo, los beneficios empresarios, etc. Se le da libertad a FAE para iniciar las gestiones comerciales con el objetivo de vender su producción en el exterior.

4.5 La innovación en la FAE

Durante la operación de la fábrica se produjeron innovaciones de proceso de productos y organizativas. Las laminadoras rusas sufrieron sucesivas modificaciones para mejorar sus performances. El desarrollo de la tecnología para el combustible CANDU llevó a profundizar también el conocimiento en la fabricación de vainas⁵³. La disminución en una "pasada" por las máquinas laminadoras de tubos durante el proceso de fabricación de las vainas representó un ahorro importante en el costo de producción. Esta mejora del proceso se llevó a cabo con los fondos del 2% reservados para Investigación y desarrollo en el marco de un acuerdo FAE-CNEA, con activa participación de la PPF AE. Hubo una intervención final de la *General Electric* del Canadá – fabricantes de combustible CANDU – cuyo principal objetivo fue favorecer los trámites de licenciamiento del combustible fabricado a partir de ese momento. Otro hito importante en la innovación fue la decisión de incorporar la fabricación de aleaciones de titanio. El dominio de la tecnología del circonio fue fundamental para poder poner a punto los procesos para la producción de tubos de aleaciones de titanio. FAE es una de las pocas fábricas en el ámbito mundial proveedora de tubos sin costura de estas aleaciones.

Aprovechando sus instalaciones y la capacidad tecnológica, FAE se convirtió también en proveedora de tubos de acero inoxidable, con y sin costura. Buena parte de su producción se coloca en el mercado externo. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de nuevas aleaciones para tubos. Últimamente se han mejorado los hornos de tratamiento térmico y otras instalaciones como la de lavado de tubos.

Se quiere destacar un hecho que marca la importancia del manejo de tecnologías y, en ese marco, otros de los esfuerzos realizados, en el área nuclear, para integrarse con Brasil. Como parte de un entendimiento abarcativo de varios sectores de la actividad nuclear, en 1980 se firmó un acuerdo para el suministro de tubos de zircaloy, por parte de CNEA - a través de FAE - a la empresa brasilera NUCLEBRAS. FAE primero debía calificarse como proveedora de tubos para combustibles tipo PWR y luego concretar una venta de 160.000 metros de tubo. Por causas atribuibles al retraso del programa nuclear, pero a juicio del autor, a una falta sistemática de convicción política de

⁵³Partiendo del "trec" para llegar a las vainas se necesitaban 4 "pasadas" por las máquinas laminadoras, la mejora de proceso llevó a que se pudieran fabricar con sólo 3 "pasadas".

ambos países, solo se inició la etapa de calificación, quedando el acuerdo en la nada⁵⁴. Hoy todavía, en el marco de nuevos acuerdos, se está discutiendo la transferencia de tecnología para el zircaloy.

5. El nacimiento de la NASA

Con motivo de la política de reforma del Estado, en 1994 se dividió a la CNEA en tres organismos (Dto. PEN N° 1.540). La CNEA, como institución de investigación y desarrollo, el Ente Regulador Nuclear (hoy Autoridad Regulatoria Nuclear) como organismo de control de la actividad desde los ángulos de la radioprotección, la seguridad nuclear y las salvaguardias, y la empresa Núcleo Eléctrica Argentina S.A. (NASA) como operadora de las centrales nucleares y dueña de la obra en construcción de la CNA II. Esta empresa debía ser privatizada, acción que no se concretó. Bajo este nuevo paraguas institucional, el "Contrato de Fabricación y Suministro" de combustibles se renegoció, teniendo en cuenta la entrada en escena de este actor nuevo y fundamental: la NASA. Los contratos originales entre CONUAR y la CNEA, como se mencionó, preveían los siguientes aspectos:

- el suministro de combustible para las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse por parte de CONUAR;
- la provisión por parte de la CNEA a CONUAR/FAE del dióxido de uranio;
- la responsabilidad de la CNEA en la ingeniería del producto y el análisis de las desviaciones de fabricación; y
- la participación directa de la CNEA en las decisiones sobre el uso del fondo del 2% destinado a investigación y desarrollo.,

Con la aparición en escena de la NASA los compromisos contractuales se redistribuyeron de la siguiente manera:

- Entre CONUAR y NASA el suministro del combustible.
- Entre DIOXITEK⁵⁵ y CONUAR el suministro del óxido de uranio.
- Entre la CNEA y CONUAR la responsabilidad de en la ingeniería del producto y el análisis de las desviaciones de fabricación.
- Se modifica la forma de cálculo del 2 %, al convertirse en asistencia técnica, medida en horas de ingeniería. CONUAR se compromete a requerir de la CNEA asistencia técnica, la ingeniería de producto, el análisis de las desviaciones de fabricación y otros temas técnicos que pudieran surgir hasta un 2% de la facturación.

El marco regulatorio eléctrico obliga a la NASA a mantener precios competitivos de generación. La implicancia de estas nuevas reglas del mercado influye en una continua presión de la NASA sobre CONUAR para abaratar el precio del combustible⁵⁶.

⁵⁴Como contraprestación, Brasil suministró la calota inferior del recipiente de presión de la CNA II. Pag. 134, Carasales J.C. Ornstein R. "La Cooperación Internacional de la Argentina en el Campo Nuclear", CARI, 1998.

⁵⁵Dioxitek se crea como una Sociedad del Estado, con 99% de participación de la CNEA, como empresa suministradora del dióxido de uranio. Esta decisión se toma dentro de la corriente privatizadora del momento, pero DIOXITEK nunca se privatizó.

⁵⁶Recordar que el contrato original era a costo abierto. A partir de ahora se establece a costo fijo.

Así, desde 1991 se establece una decisiva política de reducción de los costos del “frente del ciclo de combustible nuclear”. Esta práctica afecta la minería del uranio y las etapas de concentración y purificación del mineral y de fabricación del óxido de uranio grado nuclear, actividades que no pertenecen a las empresas en estudio. Pero también incluían la fabricación propiamente dicha del combustible en CONUAR/FAE. Este esfuerzo llevo a una disminución del costo de generación eléctrica promedio, en las dos centrales nucleares – Atucha I y Embalse – de aproximadamente el 40%⁵⁷, en el periodo 1991 hasta principios de la primera década del siglo XXI. En lo que respecta a las fábricas, las mejoras en los costos se debieron a importantes esfuerzos tecnológicos (modificación de la tecnología de producción de los separadores de combustible para Atucha I, automatización de la cadena de producción

del combustible CANDU, eliminación de un paso en la laminación de las vainas en FAE, EECC levemente enriquecidos para la CNA I), y a un proceso de reingeniería de las empresas. Además, impacta una disminución del precio internacional de algunos suministros, como el del circonio y el del uranio, oportunidad en que se toma la decisión de importar también a este último.

Por otra parte, los importantes avances en la diversificación de la producción, sean a nivel nacional como en la exportación, llevados adelante por las empresas, también sumaron en forma favorable sobre los resultados. A su vez, el nacimiento de la NASA acelera la unificación técnico administrativa entre las empresas CONUAR/FAE, pero manteniéndose la independencia desde el punto de vista contable. Naturalmente esta reorganización repercute favorablemente sobre los costos fijos de las fábricas.

Evolución del precio de fabricación del combustible

La década del 80 puede caracterizarse por el perfeccionamiento en la transferencia de tecnología y la implementación de un sistema de producción confiable, remarcando nuevamente la complementariedad lograda entre el sector privado y los agentes de la CNEA que se integraban el plantel productivo.

Esta fue la etapa de aprendizaje. En ella no hubo una particular atención a los costos porque el foco estaba puesto en otra parte. Además, en este período, el Contrato de Suministro aseguraba un beneficio fijo sobre los costos de fabricación, lo que tampoco incentivaba a la empresa a una política a la baja. Por otra parte, durante estos tiempos, las turbulencias económicas que se verifican en el país dificultaron francamente la optimización de un estudio de costos.

Desde 1991 hasta 1995 se desarrolla una segunda etapa. Presiones externas reclamadas por la reforma del Estado y la búsqueda de la eficiencia económica del sistema eléctrico facilitan un estudio sistemático de la generación de costos y el posterior análisis de los procesos de optimización. Como consecuencia se llega a una disminución del costo de fabricación siguiente:

- Para los EECC tipo Atucha I, algo más del 20 %
- Para los EECC tipo CANDU, casi el 60 %.

Es posible establecer una tercera etapa entre 1996 y el 2000. Esta etapa está marcada por el nacimiento de la Empresa NASA que, como se mencionó, significó un importante cambio en las relaciones contractuales. Es durante este período que se completa el cambio del núcleo de la CNA I, de uranio natural a uranio levemente enriquecido, lo que significa producir casi el 50% menos de combustible e introducir modificaciones importantes en la gestión del uranio. Sin embargo, CONUAR logra mantener un costo promedio de fabricación sin modificaciones. Además es acá donde la empresa hace un gran esfuerzo de diversificación, como ya se mencionó.

Desde el 2001 hasta el 2006 –cuando el Poder Ejecutivo Nacional decide reactivar el Plan Nuclear- se define otra etapa en la historia de las empresas. Es la etapa de separación entre ellas y la CNEA. Este hecho estuvo empujado por ambas partes. CNEA deja de interactuar como socio tecnológico de las empresas y estas consideran que ya estaban maduras para ser autosuficientes.

Se verifican disminuciones de costos de fabricación que las empresas promueven en aras de maximizar sus beneficios, pero también se puede observar un exceso de confianza de las empresas, después de 20 años de fabricación del combustible, que puede ser una de las causas de la última epidemia de fallas en el combustible de la CNA I.

6. Influencia económica de la producción de CONUAR y FAE sobre la CNEA

La creación de la empresa NASA significó una importante modificación de la relación entre la CNEA y las empresas CONUAR y FAE. Esto trajo aparejado modificaciones en los contratos originales, como se vio⁵⁸. A los efectos de visualizar la influencia económica de CONUAR y FAE sobre su socia tecnológica, la CNEA, se muestran en el cuadro siguiente, en función de los valores al cierre del ejercicio 2009, algunos guarismos representativos.

Presupuesto aprobado para la CNEA	\$ 558,43 millones
Aportes del Tesoro Nacional	\$ 449,55,38 millones
Recursos Propios de la CNEA	\$ 48,95 millones
Dividendos distribuidos por CONUAR/FAE a la CNEA	\$ 13,15 millones
Porcentaje de los dividendos pagados por las empresas sobre los Recursos Propios *	20,2 %

*En Recursos Propios de la CNEA también se contabilizan los alquileres pagados por las empresas y los servicios de asistencia que la CNEA presta a las mismas, no contabilizados en ese 20,2 %

7. ¿Que significó para el país, para la CNEA y para el sistema productivo, la creación de las empresas? ¿Que perspectivas se presentan?

Para intentar realizar un análisis histórico de las decisiones que se tomaron respecto a la fabricación industrial del combustible nuclear se utilizará la figura del Triángulo de Sabato, estudiando la evolución de las fortalezas de los vínculos entre sus vértices. No es casual el uso de esta herramienta. Sabato, cuando inspiró estas

⁵⁷Cirimello R. Barceló G. Bergallo J. “Planificación industrial del Ciclo de Combustible Nuclear con miras a la competitividad en el Mercado Eléctrico Mayorista”. Asociación Argentina de Tecnología Nuclear. 1994

⁵⁸Hasta la creación de la NASA, todo el facturado por venta de energía de las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse se incorporaba al presupuesto de la CNEA.

decisiones y cuando fue parte de alguna de ellas, lo hizo desde la perspectiva de la “teoría del desarrollo” que encerraba el concepto del Triángulo. Naturalmente habrá otros mecanismos para analizar los resultados de esas decisiones. Pero, como las ideas que las inspiraron estaban basadas, al menos en parte, en que el desarrollo económico-social dependía en gran medida de la tecnología, se utilizará el modelo del Triángulo. Esto pone en primer plano la circulación de la tecnología en las estructuras relacionadas con su generación, su uso en el sector productivo o social y la decisiva participación de las políticas públicas para favorecer o entorpecer esa circulación.

Cuando se toma la decisión de comprar la CNA I - como ya se menciona en el punto 3 - la CNEA había avanzado, en muy poco tiempo, en la formación de tecnólogos y en la generación de tecnologías propias. Al mismo tiempo se había planteado, como objetivo, la vinculación con el sector productivo⁵⁹ para transferir los conocimientos, en el convencimiento que esto era fundamental para mejorar la competitividad industrial. Esto demuestra que uno de los lados del triángulo - la vinculación entre los organismos de ciencia y técnica y el sector productivo - tenía existencia real.

Pensar hoy que en el año 1965 se decide la compra de una central nuclear, demuestra la existencia de un verdadero proyecto de desarrollo autónomo. La Argentina de entonces contaba con muchas opciones para resolver el problema energético y existirían los distintos “lobbies” que intentaban favorecer una u otra fuente energética primaria. Que se haya convencido al Poder Ejecutivo de la oportunidad de comprar Atucha I, fundamentando la decisión en razones tecnológicas y demostrando al mismo tiempo su competitividad, muestra que la vinculación en otro de los lados de triángulo funcionaba: la relación entre los organismos de ciencia y técnica y el gobierno.

El pensamiento político económico imperante en aquel momento (el desarrollismo), favorecía este tipo de decisiones, pero de ninguna manera le quita mérito a los directivos de la CNEA haber aprovechado esa coyuntura. En realidad, había otros valores incorporados en la decisión que demuestra el convencimiento de llevar adelante el proyecto: la confianza en la organización, la capacidad de gestión en materia internacional y la seguridad que la industria nacional iba a acompañar. Los directivos de la CNEA pensaron en ese momento que era fundamental dar un salto en la calidad y en la magnitud de los problemas que el organismo debía afrontar⁶⁰. Ya se había recorrido el camino del diseño y construcción de los reactores de investigación y de sus combustibles, se habían formado tecnólogos y se habían establecido los vínculos con la industria. La energía nuclear parecía tener un inmenso futuro y los países que la adoptaran como fuente de generación eléctrica se beneficiarían con el derrame sobre el sector industrial, que se volvería más

competitivo al convertirse en proveedor de insumos con la tecnología sofisticada incorporada.

La compra a la Siemens AG de la central fue muy conveniente desde el punto de vista económico financiero⁶¹. Esa empresa estaba interesada en competir internacionalmente con su tecnología. Pero lo que marca una diferencia clara con el resto de las adquisiciones “llave en mano” que se realizaban en la Argentina y en casi todo el mundo, fue lo que se llamó, “la apertura del paquete tecnológico”. Siemens acordó mantener las garantías sobre la central y aceptar la participación de la industria nacional como proveedora de parte de la obra. Esta gestión del proyecto permitió que en la primera central nuclear que se construyó en el país, más del 40% de los suministros fuesen nacionales. Esto fue posible debido a la acción consciente y orgánica de la CNEA. Obviamente, acá se ratifica la fortaleza del vínculo entre los vértices formados por el organismo de ciencia y técnica - la CNEA - y la industria.

Los contratos que se gestionaron con el sector privado favorecieron el equipamiento del mismo a través de créditos de la banca pública y de la política impositiva, para lo cual se legisló en búsqueda de incentivos para la industria nacional (Ley Compre Nacional N° 18.875). Algunas empresas que participaron en los suministros de la CNA I y posteriormente a la CNE, se convirtieron, luego, en proveedores internacionales de grandes componentes⁶², lo que demuestra el poder de “industria industrializante” que se le atribuía a la actividad nuclear. El apoyo del Estado a la obra y las políticas para incentivar al sector privado demuestra que el otro lado del Triángulo estaba fuertemente comprometido: el del gobierno con el sector productivo.

La compra de Atucha I trajo aparejada la decisión de la fabricación nacional del combustible, íntimamente ligada al proyecto de desarrollo industrial y autonomía energética liderado por la institución. En este marco, la creación de las empresas mixtas para producirlos no dependía solo de la voluntad de la CNEA y de la de los privados interesados. Sin la autorización del Poder Ejecutivo Nacional las empresas no se hubieran constituido. La empresa privada apuesta a la fabricación del combustible porque había un plan nuclear que le garantizaba continuidad en el negocio. Obviamente, el plan nuclear no era de la CNEA sino del gobierno. Esto es otra demostración de la fortaleza del lado del Triángulo: gobierno-sector productivo.

Sin embargo, la crisis económica que debe afrontar el gobierno militar y la desproporción del plan nuclear para la capacidad económica financiera del país de entonces (Decreto N° 302/79, cita 26)⁶³, más un error conceptual en la organización que se creó para llevarlo adelante, son el inicio de la declinación del exitoso desarrollo tecnológico que la CNEA venía liderando. El descubrimiento de reservas de gas muy importantes en Loma de la Lata (1982), pone en tela de juicio la programación energética nacional. El arrastre de compromisos que debe soportar el siguiente gobierno

⁵⁹La creación del SATI (Servicio de Asistencia Técnico a la Industria) fue concebida con ese fin. La vinculación entre los Organismos Públicos de C&T y el sector productivo, para asistencia técnica y transferencia de tecnología, era en aquella época todavía novedosa.

⁶⁰Se planteó en el seno de la Institución la oportunidad de comprar una central llave en mano o intentar un desarrollo propio de una central de potencia.

⁶¹Totalmente financiada la obra, con 5 años de gracia después de la puesta en marcha.

⁶²Industrias Metalúrgicas Pescarmona SA (IMPESA), Techint.

⁶³Quilici D. “Reseña del desarrollo de proveedores en la industria nuclear argentina. Visión desde las centrales nucleares”, XX jornadas de Historia de Económica. Mar del Plata, Octubre 2006.

democrático, junto con la puja distributiva postergada, el accidente de Chernobyl (1986), así como la incapacidad para replantear a fondo el plan nuclear, marcan el final de una etapa. Por último, el posterior cambio de paradigma sobre cual debía ser el modelo de desarrollo nacional, lleva a la eliminación en la “agenda del Estado” del desarrollo tecnológico autónomo y, con mucha mayor razón, de la energía nuclear como herramienta para ello. Los vértices del triángulo y las vinculaciones entre ellos se debilitan y los costos improductivos deforman el presupuesto del sector⁶⁴.

Cuando se intenta privatizar las centrales nucleares y se crea la NASA, las relaciones entre los actores que participaban en el sector no habían mejorado. La CNEA se vacía parcialmente de contenido, el desarrollo queda limitado a acciones aisladas siempre con la amenaza de privatizar todo aquello que se podía considerar productivo. Los vínculos entre la CNEA y la empresa que fabrica los combustibles se debilitan. Esto en sí mismo no es algo reprochable. La empresa ya había adquirido el dominio de la tecnología y capacidad para gestionar sus necesidades de nuevas tecnologías.

El problema es que la CNEA deja de tener proyectos nuevos donde pueda capitalizar sus capacidades. La institución sufre sucesivos retiros voluntarios - que repercuten fundamentalmente en su plantel profesional - y una fuerte disminución de su presupuesto. A su vez, la relación entre el gobierno y el sector productivo, como incentivo al crecimiento endógeno, a través de políticas públicas, estaba ideológicamente descartada.

Es justo reconocer, como ya se mencionó más arriba, que la nueva situación de regulación del mercado eléctrico obligó a la NASA a competir y a la fabrica de combustible a una política de baja de costos. Durante el momento más álgido de la crisis argentina se produce un hecho que se enmarca en las relaciones del Estado y las empresas, cuyas consecuencias son todavía difíciles de evaluar. En el 2002, la empresa PECOM Energía se vende a Petrobras. Las acciones privadas de CONUAR pertenecían a PECOM, pero en esta mega operación, CONUAR no pasa a Petrobras por la cláusula estatutaria que exige que el capital privado de la empresa debe ser totalmente de origen nacional. La nueva dueña de CONUAR es una empresa, SUDACIA SA, del holding de Pérez Companc, que no está ligada a la industria y ni al sector energético.

Se puede analizar este hecho desde dos puntos de vista. Uno de ellos es mostrar como el Estado permitió que una empresa de la magnitud y de la importancia estratégica como la que tenía PECOM Energía tuviera su paquete accionario mayoritario en manos de un solo dueño, sin

ninguna restricción para la venta al exterior de ese paquete. Esto demuestra, en general, la debilidad del vínculo entre el gobierno y las empresas.

La otra visión del problema de la venta de PECOM, analizada desde CONUAR, son las posibles consecuencias para el futuro del negocio. PECOM era una empresa de energía y CONUAR tenía un rol importante en el “holding”, sobre todo como empresa innovadora. La asistencia técnica de la CNEA a la empresa estaba relacionada en gran medida con los servicios tecnológicos que CONUAR prestaba a los otros miembros del “holding”. Hoy los dueños privados de CONUAR no tienen una relación técnica con ella y es discutible qué acuerdo estratégico de negocios los puede mantener unidos. Es cierto, sin embargo, que hasta este momento han mostrado interés en mantener competitiva a la empresa, pero es evidente que los lazos y compromisos con el sector energético se hicieron más débiles.

Analizando someramente el significado de la creación de las empresas mixtas se puede decir lo siguiente. Vista desde la CNEA, la sociedad mixta entre un organismo público de investigación y desarrollo y un socio privado con cultura industrial ha sido sinérgica. Hay que reconocer que este es un caso particular y de ahí su riqueza. Algunos directivos de las empresas fueron formados en la CNEA. Esto les permitió mantener un trato “privilegiado” para intentar resolver las demandas de las empresas con los investigadores y tecnólogos de la CNEA. Desde la empresa, se reconoce el conocimiento en la Institución, pero existe una incapacidad de entendimiento entre los empresarios y los profesionales de los organismos públicos. CONUAR y FAE tuvieron la ventaja de tener “traductores” que fueron los responsables de los acuerdos de asistencia, lo que condujo a un proceso de aprendizaje mutuo. Dentro de este marco se entiende que CONUAR/FAE no hubieran sido posibles sin el socio tecnológico CNEA.

¿Cuál es hoy la situación de las fábricas de combustibles nucleares?

Es evidente que la reactivación del plan nuclear dispuesta por el gobierno nacional en agosto del 2006 va a repercutir directamente sobre el futuro de estas plantas. En apretada síntesis, los desafíos inmediatos son los siguientes:

- Mejorar la calidad a fin de minimizar fallas en los combustibles.
- Enfrentar el cambio de escala frente a la introducción de la línea de producción para la CNA II y de posibles nuevas centrales en análisis por la Secretaría de Energía⁶⁵.
- Minimizar los costos de producción compatiblemente con el cambio de escala.
- Continuar con la política de expansión hacia los mercados internos e internacionales.

⁶⁴Se señala un hecho que no ha sido subrayado en su justa medida. Durante este período, la CNA I sufre un importante desperfecto (1988). A pesar de que la CNEA no pasaba por buenos momentos, otra vez la decisión de sus directivos apostó a resolver el problema de la central con los recursos de la institución y de la industria nacional; entre otras empresas CONUAR juega un rol muy importante. De esta manera fue posible poner en marcha la central a un costo compatible con el presupuesto institucional. Para tomar esta decisión hubo que enfrentarse con otro grupo técnico, que sostenía que la única forma de resolver el problema era con la participación directa del fabricante (Siemens), lo que hubiera costado una cifra muy superior.

⁶⁵Cuando se decide la compra de la tercera Central Nuclear, Atucha II, se negocia un contrato para los elementos combustibles en el cual la CNEA debía realizar los ensayos de los prototipos en sus instalaciones de Ezeiza y la fabricación local desde el primer núcleo. Esto se interrumpe parcialmente en 1989 cuando el propio proyecto de la Central comienza a detenerse hasta que se suspende totalmente en 1992. Cuando en 2006 se retoma el proyecto, se decide terminar los ensayos y completar los desarrollos de fabricación en el país. Actualmente se encuentran ya fabricados más del 70% de los 500 elementos combustibles necesarios para dicha central nuclear.

Particularmente se les abre una oportunidad, como proveedoras de componentes especiales, frente a la reactivación de la producción de energía eléctrica de origen nuclear⁶⁶.

La competitividad del sector núcleo eléctrico depende de muchos factores. Pero en un país como la Argentina, donde todavía el futuro no está del todo definido, la participación del Estado en la definición de un plan estratégico para el área nuclear es clave. Y es así en la mayoría de los países que han optado por la núcleo electricidad.

A la luz de la trayectoria descrita pareciera que las decisiones que se tomaron en la década de '60 fueron acertadas y la capacidad de generar investigación de base, desarrollos tecnológicos y transferencia a la industria está demostrada con la creación de CONUAR/FAE. Pero no se puede dejar de mencionar que este paradigma comenzó a desdibujarse hace ya unos cuantos años. Refiriéndose a este tema, el Ing. Andino (Gerente de CONUAR/FAE) habla de su percepción a partir de la segunda mitad de la década del 80: *"..De repente empezó a paralizarse la innovación, se siguió y continuo lo académico...pero había desaparecido la instrucción tecnológica"*⁶⁷.

Hoy, es claro que el sector núcleo eléctrico está entrando de nuevo en un período de crecimiento. ¿Podrá la Argentina capitalizar su experiencia para maximizar el aprovechamiento de las inversiones en el mercado interno y salir a competir a nivel internacional?

8. ¿Cuál fue la satisfacción de la demanda?

Se puede decir, con total fundamento, que la satisfacción de la demanda para la cual fueron creadas las empresas fue exitosa. Las centrales nucleares, desde que las fábricas comenzaron a producir, fueron provistas en forma continua por CONUAR⁶⁸, aun en los casos en que se presentaron "fallas epidémicas" – fallas sistemáticas del combustible que afectan a una cantidad considerable de los que operan en el reactor⁶⁹ que fueron resueltas entre la CNEA y CONUAR/FAE, con la importante comprensión de la Dirección de las centrales nucleares para aceptar modificaciones en los esquemas de recambio de combustible y estrategias de intervención del personal de mantenimiento y operación a fin de mantener en los valores aceptables las dosis de exposición.

⁶⁶CONUAR se ha calificado como proveedora internacional de componentes para las centrales CANDU. Además, los productos de titanio, en especial los tubos, han incentivado procesos de calificación que la coloca como proveedora de la industria aeronáutica internacional.

⁶⁷Pag. 59, "Análisis de las instituciones científicas y tecnológicas. La Comisión Nacional de Energía Atómica". Centro de Estudios Avanzados, UBA. 1995.

⁶⁸Salvo una excepción en la CNE en que se utilizó combustible canadiense después de que comenzó a proveerlo CONUAR.

⁶⁹Esta ventaja comparativa ya fue expresada en el discurso de Castro Madero en el acto de inauguración de la empresa CONUAR (ya citado).

El fondo del 2 % sobre el facturado de las empresas para investigación y desarrollo

Como este trabajo tiene un objetivo implícito, que es el de valorizar el desarrollo tecnológico endógeno, intentar profundizar que es lo que sucedió con el 2% para investigación y desarrollo parece necesario.

Como se demuestra a lo largo del documento se puede considerar que las empresas cumplieron con los objetivos para los cuales se las crearon. Pero queda un punto oscuro que es la medición de la eficiencia en la aplicación de los fondos provenientes del 2%.

Aparece del análisis de los resultados, que no fueron muchas las innovaciones que se generaron y menos las que se aplicaron a la producción, a través de procesos de investigación y desarrollo en los laboratorios de la CNEA o realizados por tecnólogos de la institución en las fábricas. Sí se reconoce que los fondos ayudaron a mantener a sectores de la institución al día con el conocimiento relacionado con la tecnología de los elementos combustibles de los reactores de potencia, por lo menos de los tipos instalados en el país. Hoy, esta capacidad, aunque reducida, resulta fundamental para completar el diseño del combustible para Atucha II. ¿Cuales son las explicaciones que pueden, al menos, justificar esta trayectoria no del todo exitosa? Hay que reconocer que en los estatutos y demás contratos que rigieron la relación entre las empresas y la CNEA no estaba claramente especificado como se usarían los fondos. Estos eran inicialmente asignados a la CNEA, la cual debía originar los proyectos para gastarlos. Estos proyectos algunas veces fueron a investigaciones de carácter más básico que tecnológico. Las empresas no se sintieron partícipes en muchos de los proyectos elegidos. Es evidente que el Comité Ejecutivo, que debería haber tenido una participación directa en la gestión de los fondos, no ejerció sus funciones, que por otra parte no eran ni taxativas y ni explícitas.

Los gastos, una vez formulados los proyectos, se debían canalizar a través de las empresas, y estas no siempre demostraron interés en la ejecución de los mismos. Ello generó demoras en los cronogramas y hasta pérdida de interés en los investigadores. En general, los proyectos tenían poco control de gestión.

A esto hay que sumar las generales de la ley: después de la puesta en marcha de las fábricas no se generaron nuevos importantes desafíos tecnológicos que las incentivaran a demandar y a los tecnólogos a ofrecer. Esta situación llevo a que la parte del 2% que no estaba asignado a proyectos, al fin del ejercicio, pasara a incrementar el beneficio de las empresas. Otra razón que reñía con la eficiencia del gasto por parte de las empresas. Merece recordarse un hecho, que fue el incendio de la planta piloto PPF AE. La reparación insumió una importante suma de dinero que fue solventado por fondos acumulados del 2%. La operatividad de esta instalación, hoy, esta sirviendo para desarrollo de nuevos productos por parte de las empresas en colaboración con la CNEA. También es cierto que el empresariado argentino ha sido renuente a gastar en investigación y desarrollo que, en general, no forma parte de su cultura, pero no se cree que se le pueda achacar a la dirección empresaria una conducta en esta dirección. Primero porque la calidad del producto exige un proceso de fabricación altamente sofisticado. Y las empresas, como se muestra en este trabajo, mantuvieron, en general la calidad, y se hicieron cargo de innovaciones importantes.

Como dato anecdótico y contradictorio se recuerda que mientras en la alta Gerencia Estratégica del Grupo Pérez Companc – y todavía con carácter reservado - se estaba gestando la venta de PECOM Energía a Petrobras (ver punto 8), PECOM Energía y CONUAR discutían un acuerdo para el desarrollo de proyectos innovativos que serian gestionados, precisamente, por la empresa CONUAR como vinculación con la CNEA.

Los precios del combustible fueron cayendo, a pesar de que las expectativas de volumen de fabricación no se concretaron. Hoy, para el combustible CANDU se ha alcanzado un precio cercano al internacional y esa diferencia, en más, se debe seguramente a un factor de

escala. Para la CNA los valores son muy difíciles de comparar con los costos de otros combustibles debido a que es un EC único. Pero sí se puede decir que el precio del Kwh de la Central es competitivo.

Respecto a la tasa de falla de los combustibles, se han alcanzado, para el EC CANDU, los valores de los proveedores internacionales (General Electric y Zircatek). Respecto al combustible Atucha, es muy difícil comparar, pero las tasas normales de falla son superiores, por ejemplo, a la de los combustibles de las centrales nucleares más difundidas – tipo PWR. Sin embargo, se pueden encontrar atenuantes para justificar esa debilidad.

CONUAR y FAE han participado como proveedoras de componentes especiales para las centrales argentinas; sin estas empresas, esos suministros deberían haberse comprado en el exterior. Además, están exportando componentes nucleares y no nucleares de alto valor agregado, aportando divisas industriales.

Mas allá de sus actividades como proveedores nucleares - y aun dentro de ellas - las empresas tienen posibilidades de producir en una franja muy especializada, fundamentalmente para el exterior, debido al tamaño y a la versatilidad. Esto se debe a la capacidad propia y a la del socio CNEA para adaptarse a la demanda de requerimientos sofisticados, que empresas de mayores dimensiones no pueden atender. También se debe destacar que el gerenciamiento de la empresa tiene como objetivo la búsqueda permanente de nuevos negocios y la empresa ya se ha hecho un nombre a nivel internacional, por lo cual comienza a recibir demandas de trabajos.

9. Conclusiones.

Queda claro, para el caso estudiado, que las empresas mixtas entre el Estado y la actividad privada funcionaron de acuerdo a los objetivos de su creación. Uno de los aspectos fundamentales de esta sociedad fue la posibilidad de concretar en hechos comerciales los desarrollos tecnológicos – sin comercialización no hay tecnología. Después de más 25 años de creación de la empresa CONUAR, esta lógica de funcionamiento sigue abierta frente al renacer de la actividad nuclear.

Se debe señalar que la tecnología desarrollada se llevó a cabo siguiendo un sin número de caminos; que cada avance que se producía alimentaba a otro, y que hechos no tecnológicos influyeron sobre la apropiación del conocimiento necesario. Los proyectos de desarrollo de la tecnología para las dos líneas de combustible – Atucha y Embalse – tuvieron el objetivo sistemático de incorporar a la industria nacional. Se negoció satisfactoriamente con los proveedores internacionales de tecnología a pesar de hechos externos que perturbaron las relaciones. Se busco y se supo incorporar el conocimiento codificado patrimonio de la CNEA y el tácito de la industria argentina. Se realizaron las evaluaciones económico-técnicas para fabricar en el país los insumos estratégicos e importar aquellos que por distintas razones no se justificaba su producción nacional. Pero en la base de la decisión de fabricar el combustible nacional, estaba el Plan Nuclear, el cual tenía como un objetivo clave el desarrollo tecnológico argentino utilizando como

instrumento el uso comercial de la energía nuclear.

Cabe una vez más destacar que el desarrollo de tecnología no obedece a un proceso lineal. Que la decisión, de antemano, de usar el conocimiento en una actividad socio-productiva es fundamental para llegar al dominio del “know how” necesario para producir industrialmente. Y en este caso, la herramienta de contar con una empresa mixta fue muy importante.

Por otra parte, cabe preguntarse: ¿el suministro del combustible a las centrales se habría podido realizar, en tiempo y forma, si estas empresas no hubieran estado gerenciadas por la actividad privada? A este respecto se hace mención que en diferentes oportunidades el socio privado financió a las empresas por falta de pago de la CNEA de los suministros de combustibles pactados y, a su vez, que ellas (las empresas) nunca recibieron subsidio del Estado. Más aun, como se describe en el punto 7, fueron importantes en el financiamiento de la actividad nuclear, más allá del ahorro y generación de divisas que representa su producción para el país.

Teniendo en cuenta el nuevo momento económico social por el que está pasando la nación, revisar a fondo la experiencia de este tipo de sociedades se convierte en un desafío importante. A nivel mundial, pero particularmente, ahora, en la Argentina, los acuerdos comerciales-industriales para generar conocimiento, productos y servicios de alto valor agregado entre los organismos públicos de ciencia y tecnología y la empresa privada son realidades y materia de estudio al más alto nivel.

También es importante aclarar que no todo lo que se hizo obedeció a políticas claramente establecidas. Cabe preguntarse: ¿El estancamiento de la actividad repercutió sobre el compromiso de las autoridades de la CNEA? ¿Las estrategias seguidas, en el mediano y largo plazo, permitieron perfeccionar proyectos innovativos con el sector privado? En este marco ¿cuál fue la capacidad de gestión de la CNEA para el seguimiento del funcionamiento de las empresas?. Hoy, frente al desafío que implica la reactivación del plan nuclear está aún poco claro cuál es el verdadero inventario de capacidades disponibles para enfrentar los nuevos proyectos.

Para el sector empresario no debe existir sólo el incentivo de bajar costos. El estancamiento en la demanda de los EECC no ayudó a mejorar la innovación en los procesos y, lo que es peor, pudo conducir a un relajamiento en el control de calidad. La empresa, para invertir en investigación y desarrollo tiene que tener un programa de crecimiento relativamente asegurado que le permita cuantificar el riesgo. El estancamiento sufrido en la demanda de conocimiento y nuevas tecnologías ha repercutido negativamente en la formación de cuadros de la CNEA y, seguramente, le quitó dinamismo a la actividad industrial.

Agradecimientos:

Este trabajo no hubiera sido posible sin la valiosa colaboración de: Adolfo Marajovsky, Alfredo Hey, Benigno Ransemberg, Carlos Biondo, Edgardo Bisogni, Helmut Koll, Juan Bergallo, Juan Carlos Almagro, Maria Fernanda Cervio Pinho, Raúl Olezza, Roberto Cirimello y Roberto Ornstein