

INAP

ISSN 2683-9644

CUINAP | Argentina

Año 3 • 2022 | Cuadernos del INAP

**Empresas públicas y privadas,
tecnología y desarrollo: el rol
del sector industrial en el complejo
nuclear argentino**

Jorge Salvador Zappino

104

Capacitar e investigar para fortalecer las capacidades estatales

CUINAP | Argentina

**Empresas públicas y privadas,
tecnología y desarrollo: el rol
del sector industrial en el complejo
nuclear argentino**

Jorge Salvador Zappino

104

Autoridades

Dr. Alberto Ángel Fernández

Presidente de la Nación

Dr. Juan Luis Manzur

Jefe de Gabinete de Ministros

Dra. Ana Gabriela Castellani

Secretaria de Gestión y Empleo Público

Mag. Leandro Bottinelli

Director Institucional del INAP

Índice

Introducción	10
1 El Departamento de Metalurgia en CNEA y el Servicio Técnico de Asistencia a la Industria (SATI)	14
2 La participación de la industria nacional en la construcción de reactores nucleares argentinos	21
3 La industria nacional privada en el sector nuclear	28
A modo de conclusión	67
Listado de empresas citadas	71
Glosario	74
Referencias bibliográficas	77

Empresas públicas y privadas, tecnología y desarrollo: el rol del sector industrial en el complejo nuclear argentino



**Jorge
Salvador
Zappino**

Licenciado en Ciencia Política por la Universidad de Buenos Aires (UBA), magíster en Historia Económica y de las Políticas Económicas (UBA), y magíster en Generación y Análisis de Información Estadística (UNTREF). Ejerció como docente universitario en la UBA y desarrolló diversas actividades en otras universidades públicas y privadas del país. Actualmente se desempeña como investigador en la Dirección de Gestión del Conocimiento, Investigación y Publicaciones del INAP.

Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar los paradigmas y los factores que permitieron la creación y el desarrollo de empresas privadas en el sector nuclear, con énfasis en la inversión pública en desarrollo y conocimiento, y en los instrumentos que posee el Estado para lograr la transferencia de tecnología y *know-how*, todo asociado a la puesta en marcha del poder de compra estatal para incentivar la producción de innovaciones en ese sector.

En este sentido, Sábato y Botana (2011) plantearon que la superación del desarrollo de América Latina resultará de la acción simultánea de diferentes políticas y estrategias. Específicamente, según Sábato el objetivo por el cual había que desplegar el conjunto de acciones de una política tecnológica nacional debía ser el desarrollo de una capacidad autónoma en el manejo de la tecnología.

En este marco, entre las décadas de 1950 y 1970, en la Argentina, se conformó un complejo nuclear e industrial basado en las instalaciones científicas y tecnológicas de la CNEA a lo largo y ancho del país. Además, la CNEA iniciaría diversas acciones, entre ellas la extracción, purificación y la conversión del uranio, además de la producción de radioisótopos para aplicaciones medicinales. Esta actividad llevaría a la creación de empresas con alta tecnología para el desarrollo de procesos y la producción de bienes y servicios acordes a los planes nucleares.

En esta investigación se indaga sobre los desarrollos que condujeron a la conformación de un sector privado vinculado al sector nuclear a partir de las acciones emprendidas por la CNEA en los años sesenta. Para ello, se realiza un repaso de la participación de la industria nacional privada en la construcción de las tres centrales nucleoelectricas, en la construcción del reactor multipropósito RA-10 y del primer reactor nuclear de potencia

totalmente argentino CAREM. Luego se analizan cuatro empresas privadas del sector nuclear consideradas casos testigos del proceso de participación privada en el sector.

En este sentido, se revisa la historia, la trayectoria y los productos principales de IMPSA, Nuclearis S.A., Secin S.A. y TYCSA. Finalmente, se analiza la participación del sector privado en el desarrollo del sector nuclear argentino.

Palabras clave

Industria nuclear, desarrollo, transferencia de tecnología, sector privado.

Abstract

This paper seeks to identify those paradigms and factors that allowed the creation and development of private companies in the nuclear sector, with emphasis on public investment in development and knowledge, and on the instruments that the State possesses to achieve technology transfer and know-how, all associated with the implementation of state purchasing power to encourage the production of innovations in this sector.

It is in this sense that Sábato and Botana (2011) argued that overcoming development in Latin America will result from the simultaneous action of different policies and strategies. And deepening in this sense, Sábato proposed that the objective around which the set of actions of a national technological policy had to be developed, should be the development of an autonomous capacity in the management of technology.

In this framework, between the 1950s and 1970s, a nuclear and industrial complex was formed in Argentina based on the CNEA's scientific and technological facilities throughout the country. In addition, the CNEA would initiate various actions, including the extraction, purification and conversion

of uranium and the production of radioisotopes for medicinal applications. This activity would lead to the creation of high-tech companies for the development of processes and the production of goods and services in accordance with the nuclear plans.

This research investigates the developments that led to the formation of a private sector linked to the nuclear sector from the actions undertaken by the CNEA in the sixties. For this, we will review the participation of the private national industry in the construction of the three nuclear power plants, in the construction of the multipurpose reactor RA-10 and the first totally Argentine nuclear power reactor CAREM, to then enter in the analysis of four private companies in the nuclear sector, which we consider witness cases of the process of private participation in the sector.

Therefore, we will see the history, trajectory and the main products of IMPSA, Nuclearis S.A., Secin S.A. and TYCSA. Finally, in the conclusions we will carry out an analysis of the participation of the private sector in the development of the Argentine nuclear sector.

Key words

Nuclear industry, development, technology transfer, private sector.

Introducción

«No basta con construir una vigorosa infraestructura científico-tecnológica para asegurar que un país será capaz de incorporar la ciencia y la técnica a su proceso de desarrollo: es menester, además, transferir a la realidad los resultados de la investigación; acoplar la infraestructura científico-tecnológica a la estructura productiva de la sociedad» (Sábato y Botana, 2011, p. 218).

En las naciones desarrolladas, el crecimiento económico fue una consecuencia de la intervención de los Estados mediante el diseño de políticas públicas que apuntaban a fomentar la creación y el desarrollo de aquellos sectores considerados estratégicos. En este sentido, muchas veces fueron las empresas públicas las que traccionaron ese desarrollo, además de la importancia del accionar de aquellos organismos estatales del área de innovación tecnológica que llevaron adelante políticas de transferencia de tecnología. Estas políticas derivaron en el desarrollo de importantes sectores privados de la economía que se insertaban, de esta manera, en el círculo virtuoso del desarrollo económico.

En la Argentina, en la segunda mitad del siglo xx, hay numerosas experiencias exitosas de desarrollos e innovaciones producto de inversiones en tecnologías intensivas en conocimiento. Entre esos desarrollos se pueden mencionar la aeronáutica, la energía nuclear, la biotecnología, la siderurgia y, en las últimas dos décadas, los desarrollos aeroespaciales. Más importante aún, es que esas capacidades locales fueron utilizadas primero por el sector público y, luego, derramadas exitosamente sobre el sector privado.

Una de las áreas que más implicancias tuvo el accionar combinado entre Estado y sector privado es el sector nuclear. Esta tradición nace en 1950

con la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), promovida por el presidente Juan Domingo Perón, cuyo objetivo era la promoción del estudio y el desarrollo de los aspectos vinculados a la utilización pacífica de la energía nuclear. Este accionar se sustentaba en la corriente de pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y desarrollo, que situaba en el centro del debate la necesidad de que las naciones del continente construyeran una estructura científica y tecnológica que fuera acorde a los objetivos de aquellos países y brindara herramientas para superar las condiciones de subdesarrollo (véase Sábato y Botana, 2011; Zappino, 2021a). Para lograr este objetivo eran fundamentales las políticas activas de financiamiento e infraestructura.

En este marco, entre las décadas de 1950 y 1970, en la Argentina se conformó un complejo nuclear e industrial basado en las instalaciones científicas y tecnológicas de la CNEA a lo largo y ancho del país, entre las que se destacan el Centro Atómico Bariloche (CAB), el Centro Atómico Constituyentes (CAC) y el Centro Atómico Ezeiza (CAE). Además, se crearían carreras de grado y de posgrado en el Instituto Balseiro para formar especialistas en el área¹. En este sentido, la CNEA iniciaría diversas acciones, entre ellas la extracción, la purificación y la conversión del uranio, además de la producción de radioisótopos para aplicaciones medicinales. Esta actividad llevaría a la creación de empresas con alta tecnología para el desarrollo de procesos y la producción de bienes y servicios acordes a los planes nucleares (véanse Zappino, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c y 2022d).

1 En 1955, la CNEA creó el Instituto de Física de San Carlos de Bariloche (posteriormente denominado Instituto Balseiro, en honor a su primer director, doctor José Antonio Balseiro). El Instituto Balseiro nació de un Convenio entre la CNEA y la Universidad Nacional de Cuyo. En 1993 se crea el Instituto Sábato y, en 2006, el Instituto Dan Beninson, ambos en alianza con la Universidad Nacional de San Martín.

En 1968 se iniciaban las obras de la primera central nuclear de potencia de la Argentina y de América Latina, Atucha I (CNA I), que entraría en funcionamiento en 1974. En 1973 comenzaba la construcción de la Central Nuclear de Embalse (CNE), inaugurada en 1984, y en 1980 comenzaba a construirse Atucha II (CNA II), la cual fue puesta en operación en 2014 luego de que la obra estuviera paralizada entre 1994 y 2006. Todas estas centrales utilizarían uranio natural producido en la Argentina como combustible², debido a que las restricciones internacionales existentes dificultaban desarrollar la tecnología de enriquecimiento (Colombo, Guglielminotti y Vera, 2017).

Siguiendo esta línea, en esta investigación se indaga sobre los encadenamientos virtuosos que condujeron a la conformación de un sector privado vinculado al sector nuclear a partir de las acciones emprendidas por la CNEA en los años sesenta. Para ello, primero se realiza un repaso de la participación de la industria nacional privada en la construcción de las tres centrales nucleoelectricas citadas, en la construcción del reactor multipropósito RA-10 y del primer reactor nuclear de potencia totalmente argentino CAREM. Luego se analizan cuatro empresas privadas del sector nuclear consideradas casos testigos del proceso de participación privada en el sector.

Este trabajo está compuesto por tres capítulos. En el capítulo 1, se presenta un breve repaso de la historia de la metalurgia en CNEA y del proceso de transferencia de tecnología realizado por este organismo estatal a la industria privada local. En el capítulo 2, se introduce la participación de la industria nacional en la construcción de reactores nucleares de potencia y de investigación argentinos. En el capítulo 3, se estudia la importancia de

² La CNA I fue reconvertida en 2001 para funcionar con uranio levemente enriquecido (ULE) (Zappino, 2022a y 2022b).

ADIMRA en la generación de las capacidades de la industria metalúrgica para la producción de componentes nucleares y se reseñan cuatro empresas industriales locales que participan activamente de la producción para el sector nuclear. De esta manera, se analiza la historia, la trayectoria y los productos principales de las empresas IMPSA, Nuclearis S.A., Secin S.A. y TYCSA. Si bien buena parte de los trabajos de IMPSA para el sector nuclear fueron realizados cuando la empresa pertenecía a capitales privados, desde 2021, la mayoría de su paquete accionario pertenece a entidades que son propiedad del Estado nacional y de la provincia de Mendoza, que intervinieron para sostener y potenciar las capacidades técnicas de la empresa.

1

El Departamento de Metalurgia en CNEA y el Servicio Técnico de Asistencia a la Industria (SATI)

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, la energía atómica generó nuevos problemas vinculados a su uso pacífico. Estos problemas surgían a partir del trabajo con metales y productos propios de la energía nuclear, como el uranio y el plutonio; y a la escasa experiencia acumulada hasta ese momento, esencialmente, en los cambios de volumen que se producían en las piezas tanto de uranio, o de circonio, cuando el metal era expuesto a condiciones extremas de cambios de temperaturas. Otro aspecto, no menos importante, era cómo controlar los daños que la emisión de radiación producía en esos materiales.

Sobre esos temas advertía tempranamente Sábato al argumentar que, para desarrollar la energía nuclear en un país, no alcanzaba con la metalurgia nuclear en un sentido estrecho. Y aclaraba que en una central nuclear de potencia existían problemas mecánico-metalúrgicos de primera importancia que nada tenían que ver con el uranio o el zircaloy, pero sí con aceros, soldaduras, forjas, fisuras, etcétera (Sábato, 1972).

En la década de 1950, la disciplina metalúrgica en la Argentina no estaba organizada y sistematizada, tampoco se enseñaba como actividad académica. Uno de los pasos más firmes, en ese sentido, fue la decisión

de desarrollar, en la CNEA, la ciencia de la metalurgia. En efecto, en 1955, se creó el Departamento de Metalurgia, del cual Sábato fue designado Director. En 1968, se convirtió en la Gerencia de Tecnología, también con Sábato al frente. Entre los años 1956 y 1959 se dictaron diversos cursos de posgrado en metalurgia. En ellos colaboraron metalurgistas extranjeros, y se completaron con la estadía de profesionales argentinos en diversos laboratorios de los países que habían enviado a sus especialistas. Algunos de los temas abordados en los cursos fueron cristalografía, termodinámica, metalografía, solidificación, transformaciones mecánicas, extrusión, difusión, sinterizado, gases en metales y deformación por impacto del aluminio. Además, se armaron las primeras plantas piloto en el CAC, integrando los laboratorios de metalurgia física con las plantas de desarrollo experimental, las plantas de fabricación y la actividad docente.

En ese momento, Sábato introduce el concepto de «autonomía tecnológica» e insiste en que la CNEA tomara, finalmente, la decisión de construir el primer reactor experimental de América Latina, llamado RA-I, que fue inaugurado el 20 de enero de 1958. A este reactor le siguieron otros reactores experimentales, con diseño, ingeniería y producción nacional, como el RA-0, el RA-2 y el RA-6. Al mismo tiempo, comenzaba a discutirse el diseño y la construcción de un reactor experimental para la producción de radioisótopos de 5 MW de potencia: el RA-3. Para este último proyecto, el Departamento de Metalurgia desarrollaría una nueva tecnología, tanto para la reducción del hexafluoruro de uranio enriquecido a aleación aluminio-uranio, como para la manufactura de los elementos combustibles (EECC) tipo MTR con unión por colaminación. Este reactor fue inaugurado en 1967³.

3 Para un desarrollo histórico de los reactores de investigación en la Argentina, véase De Dicco (2013) y Zappino (2021b; 2022a). Sobre el trabajo del Departamento de Metalurgia de la CNEA, véase Rivera (2010), Galvele (2009), Cirimello (2013) e Instituto de Tecnología Sábato (1998).

En este contexto, el 23 de marzo de 1961, la CNEA y la Asociación de Industriales Metalúrgicos (ADIMRA) firmaron un convenio mediante el cual se creaba un servicio de asesoramiento científico-tecnológico denominado Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI). En un documento de la propia asociación industrial se calificaba la creación del SATI como «un hecho de extraordinaria utilidad para el desarrollo y perfeccionamiento de la metalurgia de transformación» (ADIMRA, 2005, p. 33).

El objetivo del SATI era estrechar formalmente una relación fluida entre una institución de ciencia y técnica y el sector productivo. A partir de ese momento se produciría un importante intercambio que conectó el conocimiento teórico con el desarrollo y la demanda industrial. El SATI brindaba servicios de consulta de la industria metalúrgica para los problemas que surgían en los procesos de producción de metales y el desarrollo de aleaciones, controles de calidad, el acceso de la industria a información científica y técnica, la capacitación y el entrenamiento para el personal de las empresas, entre otros.

Wortman (1996) menciona varios trabajos realizados por el SATI, entre ellos la colocación de un sistema radiactivo de detección de desgaste de refractarios en el mezclador de arrabio en Altos Hornos de Zapla, el desarrollo de una aleación de alta conductividad y alta resistencia para soldadura de la industria automotriz, el análisis de tallas de locomotoras GE de 1800 HP y trabajos de metalografía no destructiva de calderas industriales. Según el autor, en ese momento, para la Gerencia de Tecnología, comienza una etapa de verdadera transferencia de tecnología al sector industrial (véase Enríquez, 2012).

También se crearía el Instituto Nacional de Ensayos No Destructivos (INEND), pionero en el establecimiento de normas de calificación de

soldadores y operadores de ensayos no destructivos. Uno de sus trabajos más importantes fue la capacitación de soldadores que, entre otras cosas, permitiría que más de 20.000 toneladas de equipamiento y cañería con requerimientos nucleares fueran montadas íntegramente por proveedores argentinos durante la construcción de la CNE.

Cabe destacar que la información relevada por el SATI permitió una gran participación de la industria nacional en la construcción de la CNA I. Por otro lado, el trabajo del Departamento de Metalurgia hizo posible la fabricación de los prototipos de los EECC para la central, lo que llevó finalmente a la creación de la fábrica de EECC (véase Zappino, 2022c y 2022d).

Enríquez (2012) analiza los picos de demanda de servicios a la industria y muestra que se producen en los bienios 1966/67 y 1968/69 —en coincidencia con la construcción de la CNA I— y en los bienios 1978/79 y 1982/83 —en simultáneo con la construcción de la CNE y la CNA II—. La construcción de una central acarrea una complejidad tecnológica que demandaba un riguroso sistema de calidad. En ese sentido, las industrias participantes debían mantener un contacto fluido con los cuadros técnicos de la CNEA a través del SATI. Además, la CNEA actuaba como un eslabón del proceso de transferencia de tecnología que comenzaba con la adquisición de parte del *know-how* del modelo de central elegido, la absorción por parte de CNEA a través de contratos de transferencia de tecnología y su posterior transmisión a la industria a través del SATI.

Cuando se presentaba una consulta de algún sector de la industria, el SATI ofrecía de manera gratuita información bibliográfica orientadora del problema, una evaluación técnica y económica del problema e información referente al laboratorio, centro, instituto (público o privado, nacional o extranjero) que podía resolver el problema con más celeridad, eficiencia

y economía. Además, en caso de que el sector industrial que solicitaba la consulta tomara la decisión de que el SATI se hiciera cargo de su resolución, se presentaba un plan de trabajo y un presupuesto estimado. El SATI atendía diversos temas, como la metalurgia de transformación, la producción y los tratamientos térmicos de aceros especiales; la fusión y la colada de metales y aleaciones no ferrosas; la transformación mecánica de metales ferrosos y no ferrosos (extrusión, laminación, trefilación, forja y prensado); el estirado, embutido, corte, plegado, etcétera, de metales y aleaciones; el desarrollo de aleaciones especiales; la unión de metales (diversos métodos de soldadura); cerámicas y metalurgia de polvos, corrosión y acabado superficial; y el desarrollo de métodos de control superficial (Enríquez, 2012).

Como afirma Galvele (2009), el SATI podría considerarse una herramienta de transferencia de tecnología, ya que sus actividades involucraban la demanda del sector industrial y el asesoramiento en materia científica tecnológica, dos vértices del triángulo de Sabato-Botana. Desde este aspecto, aún se carecía de los instrumentos de promoción estatales que dieran vida al otro lado del triángulo (ver Zappino 2021a).

Hacia 1964, la CNEA ya realizaba acciones para dotar a la Argentina de una infraestructura nuclear avanzada. Estas acciones eran la prospección y la explotación minera del uranio para asegurar la materia prima que permitiera controlar el ciclo de combustible nuclear. Ya en 1957 el Departamento de Metalurgia había diseñado y fabricado los EECC para el reactor de investigación RA-I. El *know-how* empleado en la producción de estos EECC fue exportado en 1958 a la empresa alemana Degussa Leybold, constituyéndose en la primera exportación de tecnología nuclear argentina.

Entre 1961 y 1965, el SATI recibió 280 consultas de empresas metalúrgicas argentinas⁴. Como resultado de estas consultas, el SATI emprendió investigaciones de mediano y largo plazo, con el respaldo económico de las empresas beneficiadas y, en algunos casos, con presupuesto propio. Otra tarea realizada por el SATI durante este período fue la capacitación técnica del personal de las empresas metalúrgicas, por medio del dictado de seis cursos de perfeccionamiento técnico en dependencias del Departamento de Metalurgia de la CNEA (De Dicco, Deluchi y Ferrer, 2015).

Respecto de los vínculos entre ADIMRA y la CNEA, De Dicco, director del Centro de Servicios de Tecnología Nuclear y Energías Alternativas (CSTN) de ADIMRA-UNAHUR, aclara:

ADIMRA y CNEA tuvieron una excelente experiencia con el desarrollo de proveedores metalúrgicos para el sector nuclear durante las décadas de 1960 y 1970 en el marco del SATI. Sin embargo, a partir de la década de 1980, ese plan de actividades se desvaneció; y, durante las décadas de 1990 y 2000 tampoco hubo interés en desarrollar una industria metalúrgica proveedora del sector nuclear. Esto comenzó a cambiar a partir de la década siguiente (R. De Dicco, comunicación personal, 21 de julio de 2022).

Con la creación del SATI, la CNEA profundizó su estrategia de *autonomía tecnológica*, y el Departamento de Metalurgia introdujo el nuevo concepto de «apertura del paquete tecnológico», que consistía en desagregar un proyecto enorme hasta sus ítems o rubros elementales. Así, se llegaba a un nivel en el que cualquier país podía hacer aportes significativos a un proyecto imposible de efectuar si se lo tomaba en su conjunto. Al comparar las propuestas se buscó la mayor participación posible de la

4 Entre estas empresas se encontraban: Acindar, Siam Di Tella, Astarsa, Philips, Winco, Kaiser Argentina, Hiram Walker & Sons Argentina, Cerámica Haedo, La Cantábrica, Sniafa, Establecimientos Metalúrgicos y Aceros Styria, y las siguientes entidades públicas: Agua y Energía Eléctrica, Secretaría de Marina y Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires (De Dicco, Deluchi y Ferrer, 2015).

industria nacional, no solo por su importancia económica, sino por el salto tecnológico que podría generarse (Andrini, 2022). Este accionar se vería reflejado en la construcción de las centrales nucleoelectricas argentinas.

La participación de la industria nacional en la construcción de reactores nucleares argentinos

Como se mencionó, a principios de la década de 1960, la Argentina comenzaba el proceso de generación de electricidad mediante centrales nucleares de potencia. Según Quilici (2008), la elección de la construcción de una obra de estas características obedecía a una acción política estratégica cuyo objeto era forzar, desde la demanda, un compromiso de la industria nacional de participar en el suministro de un bien no tradicional, política que tuvo éxito en la construcción de las tres centrales nucleoelectricas que hoy posee la Argentina. Este accionar se ve reflejado, también, en la construcción del reactor multipropósito RA-10 y del primer reactor de potencia nacional CAREM. En consecuencia, la participación de la industria local fue creciendo en la medida que el país sumaba nuevos proyectos dentro del sector.

A continuación se realiza una breve descripción de algunos de estos proyectos haciendo hincapié en la participación de la industria nacional privada, sin entrar en detalle de los procesos de contratación, construcción y puesta en marcha⁵.

5 Un análisis completo de los procesos de construcción de las tres centrales nucleoelectricas, los reactores de investigación y el CAREM se desarrolla en Hurtado (2014), Quilici (2008), De Dicco, Deluchi y Ferrer (2015), y Zappino (2022a, 2022b).

En la construcción de la CNA I, la participación final de la industria nacional fue del 40 % sobre el costo total del proyecto: un 0 % en la ingeniería, un 90 % en la obra civil, un 12 % en los suministros electromecánicos y un 50 % en el montaje de estos últimos (De Dicco, Deluchi y Ferrer, 2015).

Para este logro fue importante el relevamiento que realizó en 1965 la CNEA y el SATI, en el cual se detectó que un total de 96 componentes electromecánicos podían ser fabricados localmente. Además, el SATI asesoraba a las empresas metalúrgicas acerca de las especificaciones técnicas requeridas para cumplir con las exigencias de control de calidad dentro de los plazos previstos.

Los aportes de la industria local fueron, esencialmente, en técnicas de soldadura en cañerías y recipientes, y en ensayos de materiales con alto nivel de control de calidad. Lo cual significó el desarrollo de una industria nuclear altamente especializada. Además, los equipos de operaciones de la central fueron enviados a un entrenamiento en instalaciones nucleares alemanas⁶.

En cuanto a la construcción de la CNE, la CNEA creó dos consorcios de empresas: NUCLAR y ARGATÓM. Ambos consorcios, formados por las más importantes empresas argentinas de ingeniería y montaje, tenían la intención de facilitar un proceso de aprendizaje mutuo, la capacitación y formación de personal, etcétera, con el fin de garantizar la participación de empresas argentinas y la competencia entre ellas en las futuras obras del plan nuclear.

6 El marco legal para esta participación fue instrumentado mediante la Ley 18.243/69, en la que se estipulaba la eximición del pago de derechos y de cualquier otro gravamen nacional sobre importación y fletes de maquinarias, equipos, materiales, etcétera, que efectuaran la CNEA y/o la empresa Siemens con destino a la construcción y puesta en marcha de la CNA I.

Gracias a la negociación iniciada con la empresa canadiense constructora de la central sobre la cantidad y la complejidad de los componentes, y la capacidad de la gestión de compra de la CNEA, se logró elevar el número de ítems comprados a proveedores locales a 217 sobre los 103 de la lista original del llamado a licitación.

Las empresas privadas adquirieron licencias extranjeras para la fabricación de los componentes o el asesoramiento para ingeniería de montaje, por ejemplo, en los siguientes casos: esclusas para entrada de personal, grúas de porte hasta 350 toneladas, paneles de control en la isla nuclear, montaje del turbogruppo. En especial se puede señalar la complejidad del montaje de los 380 canales del reactor, que implicó trabajar con un sistema de calidad nivel I. Como resultado, la participación nacional alcanzada fue del 51 % sobre los costos directos de la central (Quilici, 2008).

Finalmente, la participación de la industria nacional en la construcción de la CNE fue de 67 % —33 % en la ingeniería, 100 % en la obra civil, 95 % en el montaje y 33 % en los suministros electromecánicos— (De Dicco, Deluchi y Ferrer, 2015).

Entre 2016 y 2019, se llevó a cabo el Proyecto de extensión de vida de la CNE. En ese proyecto se cambiaron los tubos de presión, los generadores de vapor y las computadoras de proceso, que redundó en un gran impacto en el desarrollo de proveedores nacionales de bienes y servicios altamente calificados. En este sentido, participaron 116 empresas, de las cuales 90 eran nacionales (muchas de ellas de la provincia de Córdoba), y el resto eran empresas extranjeras de diversos países, como Alemania, Países Bajos, Austria, Suecia, Brasil, Suiza, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Italia y México.

Otra tarea consistió en cambiar los cuatro generadores de vapor. El edificio de la CNE es un cilindro de hormigón y no estaba preparado para extraer estos componentes, que tienen más de 15 m de altura y pesan más de 100 tn. Por esta razón se contrató una empresa de Países Bajos que se encargó de realizar la ingeniería necesaria para montar los equipos. Con un proceso inverso, se colocaron los nuevos cartuchos construidos por la empresa argentina IMPSA. Este trabajo que, originalmente no se había pensado en un reactor CANDU, significó una innovación totalmente nacional.

También se realizaron reparaciones en el área convencional, como los componentes de la sala de control, y se cambiaron los cuatro motores diésel de emergencia. Estos motores fueron reemplazados por cuatro bloques Caterpillar de más capacidad y, por lo tanto, mayor autonomía. Además, se amplió el depósito de diésel para alimentar estos motores y se construyó un nuevo edificio EPS (*Emergency Power System*) como complemento en caso de emergencia.

La obra contó con la participación de más de 4500 trabajadoras/es, entre personal de Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NA-SA) y contratistas nacionales e internacionales (De Dicco, 2015). Su impacto fue notable en el desarrollo nacional, dado que permitió aportar energía en forma segura y confiable a más de tres millones de habitantes, diversificar la matriz energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y producir mayores cantidades de fuentes selladas de cobalto 60 para abastecer el mercado interno en aplicaciones medicinales e industriales (Zappino, 2022c y 2022d) y para exportar y asegurar la fuente de trabajo de más de mil familias durante los próximos treinta años.

Respecto de la construcción de la CNA II, NA-SA procedió a dividir la obra: se asignó el montaje del reactor y de los sistemas de cambio de combustibles, de ventilación y de control, y comenzó a licitarse la finalización de otras partes. Electroingeniería S.A. hizo el edificio del reactor y los sistemas de refrigeración de emergencia. TECHINT se hizo cargo del edificio auxiliar, IECSA de los piletones para EECC quemados y las plantas de tratamiento de aguas, y DYCASA de las terminaciones de obra civil.

La participación de la industria nacional en el proyecto de terminación y de puesta en marcha de la CNA II fue del 88 %. De Dicco, Deluchi y Ferrer (2015) realizaron la siguiente caracterización:

- El análisis de la seguridad y el diseño del núcleo, el soporte y la capacitación estuvo a cargo de la CNEA.
- La empresa INVAP S.E. realizó la revisión del diseño termohidráulico del núcleo y en la asistencia en termohidráulica (Zappino, 2021b y 2021c).
- En el área de ingeniería de sistemas y procesos, mecánica, eléctrica e instrumentación y control y el *layout* participaron la CNEA, la Universidad Nacional de San Juan y doce empresas argentinas. También se contrató el servicio profesional de nueve empresas extranjeras y del OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica).
- En cuanto a los suministros nacionales, fueron los siguientes: ENSI S.E. (a cargo de la Planta Industrial de Agua Pesada–PIAP) proveyó las 600 toneladas de agua pesada de su planta de Arroyito, Neuquén; CONUAR S.A. fabricó los 451 EECC, los canales refrigerantes y los tubos aislantes en el CAE; Dioxitek S.A. aportó el polvo de dióxido de uranio (Zappino, 2022c y 2022d); INVAP proveyó treinta máquinas automáticas de soldadura, una planta de acondicionamiento de los efluentes radiactivos de la central,

herramientas y dispositivos especiales de montaje de internos y externos del reactor y la alineación del tanque del moderador respecto del recipiente de presión del reactor. Además, alrededor de veinte empresas industriales metalúrgicas y metalmecánicas del país suministraron componentes, repuestos, herramientas especiales, equipamiento, gestión de materiales y consumibles, obras hidráulicas. También, brindaron servicios profesionales y de montajes electromecánicos.

Es de destacar que en las obras civiles y montajes participaron más de cuarenta empresas constructoras y metalúrgicas locales: en la dotación de personal, montajes mecánicos, eléctricos y electromecánicos, montajes de cañerías, servicios de ingeniería y provisión de herramientas especiales, equipos y tuberías. Asimismo, en las obras de infraestructura adicional participaron otras dieciocho empresas locales:

- En la playa de 500 kV y línea de extraalta tensión participaron ocho empresas locales y una extranjera.
- En los servicios para la puesta en marcha participaron la CNEA, siete empresas locales y dos extranjeras.

En el proyecto del reactor multipropósito RA-10 están involucradas más de 60 empresas y se requiere de unos 1500 puestos de trabajos directos.

En el proyecto del reactor CAREM, la CNEA, por un lado, firmó el contrato con la empresa CONUAR para la fabricación de los EECC y los conjuntos de barras de control y, por otro lado, firmó un contrato con la empresa IMPSA para la fabricación del recipiente de presión del reactor de acuerdo con los lineamientos del Código ASME III. El recipiente es un cilindro que tendrá unos 3,5 m de diámetro, unos 11 m de altura, un peso aproximado

de 200 tn y un costo de unos 398 millones de pesos —incluye la provisión, las estructuras internas y el montaje en la planta—.

En este aspecto, el gobierno y la CNEA acordaron trabajar en la creación de un clúster para pymes proveedoras del proyecto CAREM. El clúster prevé que, al menos, el 70 % de los insumos, los componentes y los servicios vinculados sean provisto por empresas nacionales calificadas bajo los estándares internacionales de calidad supervisados por la CNEA.

En lo referente a la participación de la industria nacional en la construcción del CAREM-25, a fines de 2021, la CNEA y ADIMRA realizaron una convocatoria a numerosas empresas metalúrgicas nacionales en busca de nuevos proveedores para avanzar en la construcción del reactor. Esta convocatoria responde a la necesidad de conocer las capacidades de las empresas que forman parte de ADIMRA para la fabricación y el suministro de los equipos mecánicos que serán requeridos. Para esto, se distribuyó un listado de 218 equipos mecánicos y electromecánicos con los requerimientos específicos para el proyecto. En la convocatoria se destacó la importancia de estos proyectos de base científico-tecnológica para las empresas que potencialmente podrían aportar su conocimiento en áreas afines. Muchas veces, esas empresas no se especializan en el sector nuclear, pero trabajan con componentes que requiere ese sector (Comisión Nacional de Energía Atómica, 2021).

3

La industria nacional privada en el sector nuclear

3.1 ADIMRA y la Comisión Nuclear Metalúrgica

En este capítulo se abordan cuatro casos emblemáticos de empresas privadas industriales de capital nacional, que se encuentran vinculadas al sector nuclear con una activa participación en su historia y su desarrollo.

La reactivación del sector nuclear argentino a partir de 2006 no solo abarcó la actividad de las empresas estatales del sector, sino que permitió la profundización de la inversión y la investigación en empresas industriales nacionales ya existentes, como IMPSA, Secin S.A. y TYCSA. También colaboró con el surgimiento de emprendimientos privados vinculados a la actividad. Dentro de esta última categoría se encuentra Nuclearis S.A.

En 2010, en el marco del Congreso Metalúrgico del Bicentenario, ADIMRA creó la Comisión Nuclear Metalúrgica para agrupar la totalidad de las empresas metalúrgicas nucleares de la Argentina.

Sobre esta Comisión, De Dicco describe como fue recorrer el camino:

A principios de la década de 2010, ADIMRA creó una comisión de trabajo denominada Comisión Nuclear Metalúrgica (CNM), con el propósito de acompañar las gestiones que ADIMRA, sus cámaras y empresas asociadas realizaran en el ámbito nuclear. Por ese motivo, en 2013 me nombraron coordinador de dicha Comisión. Hasta ese entonces había cumplido tareas de asesoramiento para INVAP y brindaba servicios de consultoría externa en tecnología nuclear para el entonces Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, y el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Mi ingreso al staff técnico de ADIMRA permitió a nuestra entidad iniciar un paulatino trabajo de vinculación orgánica entre la industria metalúrgica nacional representada por ADIMRA y la industria nuclear representada por CNEA. En ese sentido, iniciamos reuniones sistemáticas con empresarios metalúrgicos a quienes se les informaba sobre los avances de los proyectos que en ese momento se encontraban en ejecución, como el Proyecto de Puesta en Marcha de la CNA II, el Programa de Extensión de Vida de la CNE y el Proyecto CAREM, cuya construcción se inició en febrero de 2014. También se brindaba información sobre aquellos proyectos por ejecutarse en el corto o mediano plazo: Reactor Nuclear Multipropósito RA-10, Cuarta Central Nuclear (Proyecto CANDU), Quinta Central Nuclear (Proyecto Hualong) y Sexta Central Nuclear (Proyecto VVER). En ese contexto, trabajamos desde ADIMRA, junto con la Gerencia de Relaciones Institucionales de CNEA, en la elaboración de un Convenio Marco de Cooperación, el cual fue firmado por las autoridades de ambas entidades en noviembre de 2015. Por su parte, el Ministerio de Planificación Federal encomendó a ADIMRA realizar un estudio que permitiera identificar empresas metalúrgicas nacionales que pudiesen suministrar equipos para el Proyecto CANDU. Para ese estudio resultó muy importante la asistencia técnica que nos brindó el personal del Departamento de Desarrollo de Proveedores de la Unidad de Gestión Proyectos Nucleares de NA-SA. Por otro lado, y en colaboración con la CNEA, organizamos misiones de complementación industrial, tecnológica y

comercial con empresas canadienses (por el Proyecto CANDU) y chinas (por el Proyecto Hualong). Además, realizamos una serie de reuniones técnicas de trabajo entre ADIMRA, CNEA y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para desarrollar un proyecto que permitiera a las empresas metalúrgicas calificar normas nucleares (ASME, CSA y RCC-M) (R. De Dicco, comunicación personal, 21 de julio de 2022).

La participación de ADIMRA en el Plan Nuclear Argentino resultó un aspecto clave, ya que permitió la estrecha vinculación de las empresas metalúrgicas calificadas en la producción de servicios y componentes para el sector nuclear con los organismos de gobierno encargados de llevar adelante el plan (CNEA y Ministerio de Planificación Federal) y las empresas públicas y mixtas del sector, como NA-SA, Dioxitek y CONUAR.

Al respecto, en una entrevista realizada en 2014, el ingeniero Venutolo, en ese momento presidente de ADIMRA, afirmó que, con el lanzamiento del Plan Nuclear, las empresas metalúrgicas tuvieron la oportunidad de participar del gran desafío de concluir la CNA II con ingeniería, manufactura y fuerza de trabajo local. Gracias a ese proyecto, las empresas pueden participar en otros desafíos, como la extensión de vida de la CNE, la provisión de componentes convencionales y la prestación de servicios de montajes electromecánicos para el CAREM y el reactor RA-10, sumándose a estos los proyectos de construcción de dos nuevas centrales nucleares. De esta manera, el Plan Nuclear representó un vector de desarrollo de la industria metalúrgica nacional (Observatorio de la Energía, Tecnología e Infraestructura para el Desarrollo [OETEC], 2014).

Sobre este tema, el vicepresidente de ADIMRA, Dr. Lascurain, aseguró:

... fue una decisión estratégica brindarle participación a la industria metalúrgica y a empresas de base tecnológica del país en los proyectos del Plan Nuclear. En la CNA II, la industria nacional pudo participar de los montajes electromecánicos y de la fabricación de algunos componentes que habían sido mal diseñados por su contratista original. También permitió formar profesionales y operarios calificados para la actividad nuclear. Además, se participó de la extensión de vida de la CNE y del CAREM. En el proyecto de la CNE, numerosas empresas del sector metalúrgico nacional participan en la fabricación de los EECC, tubos de presión y de calandria, *feeders*, *end fitting*, tapones de blindaje, tapones de cierre, moderador, generadores de vapor y un largo etcétera (OETEC, 1014, p. 6).

En diciembre de 2020, NA-SA y ADIMRA firmaron un convenio marco, en el cual ambas entidades se comprometieron a promover la sustitución de importaciones y el desarrollo de proveedores metalúrgicos nacionales. Tanto NA-SA como ADIMRA impulsarán la formación de proveedores con carácter competitivo para la industria nuclear en la Argentina, para la provisión de equipos, componentes, sistemas y estructuras, y de servicios de ingeniería y montaje asociados, que puedan requerir las centrales nucleares operativas o los futuros proyectos. Es importante recordar que el antecedente histórico de este acuerdo se remonta a 1961, con la creación del SATI como se destacó en el capítulo 1.

Por otro lado, el 16 de marzo de 2021, ADIMRA y la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR) inauguraron el Centro de Servicios de Tecnología Nuclear y Energías Alternativas (CSTN), con el objetivo principal de satisfacer las necesidades de la industria metalúrgica nacional que fabrica y suministra materiales, equipos y componentes electromecánicos destinados fundamentalmente al mercado ampliado de la energía nuclear, oil y gas y energías renovables, y brindar servicios de asistencia técnica en la

fabricación de equipos y componentes electromecánicos, de ingeniería inversa y en la fabricación de prototipos para la sustitución de importaciones y capacitación de soldadores para el sector nuclear.

Sobre la creación del CSTN, De Dicco aclara:

El trabajo conjunto comenzó a reactivarse en 2018, año en que ADIMRA y la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR) constituyeron el Centro de Servicios de Tecnología Nuclear y Energías Alternativas (CSTN) de ADIMRA-UNAHUR, en los términos de la Dirección de Centros Tecnológicos e Innovación de ADIMRA y en el marco de la Red de Centros Tecnológicos de ADIMRA. En 2018 y 2019, ADIMRA y UNAHUR invirtieron alrededor de USD800.000 para construir la infraestructura y adquirir el equipamiento para el CSTN en el predio de la sede central de la UNAHUR. La inauguración del CSTN se produjo en marzo de 2021. En 2022, ADIMRA comenzó un plan de inversión para adquirir nuevo equipamiento, superior a los USD300.000 (R. De Dicco, comunicación personal, 21 de julio de 2022).

Además, el CSTN cuenta con una plataforma denominada Antena Tecnológica de la Industria Nuclear, que tiene como objetivo la elaboración de productos de mapeo tecnológico, vigilancia tecnológica y comercial e inteligencia estratégica, con el fin de fortalecer la capacidad estratégica de las empresas metalúrgicas como proveedoras de bienes y servicios para la industria nuclear en los mercados nacional e internacionales (Universidad Nacional de Hurlingham [UNAHUR], 2021).

Sobre los servicios que brinda el CSTN a los proyectos nucleares, De Dicco sostiene:

El CSTN brinda servicios a empresas metalúrgicas que fabrican y suministran componentes para los proyectos RA-10 y CAREM de CNEA, y para las

centrales nucleares. Los principales servicios son ingeniería mecánica, ingeniería en materiales nucleares, ingeniería inversa, ingeniería de procedimientos de soldadura, asistencia técnica en fabricación y, también, de capacitación de soldadores y de operadores de máquinas controladas por computadoras (CNC) para mecanizado de piezas industriales. En ese sentido, el CSTN cuenta con dos importantes laboratorios: el Laboratorio de Ingeniería, Desarrollo e Investigación Aplicada, y el Laboratorio de Metalurgia de la Soldadura, más un Centro de Formación en Soldadura e Industria 4.0 (R. De Dicco, comunicación personal, 21 de julio de 2022).

Con respecto a la reactivación de la asistencia técnica a la industria y el desarrollo de proveedores, agrega:

Desde fines de 2021, el CSTN está trabajando orgánicamente con la Gerencia del Área CAREM de CNEA en un estudio de factibilidad técnica que permite identificar y desarrollar potenciales proveedores de la industria metalúrgica nacional para suministrar equipos requeridos por el Proyecto CAREM, incluyendo el análisis de la ingeniería de detalle y las estimaciones de costos, simultaneidad y tiempos de fabricación de cada uno de los equipos calificados y convencionales para el proyecto. El trabajo implica no solo completar diversos formularios electrónicos por parte de las empresas, sino también las visitas de ADIMRA y CNEA a las empresas metalúrgicas para evaluar sus capacidades industriales y tecnológicas. Este trabajo conjunto entre ADIMRA y CNEA es el primero en su tipo en 47 años desde la desaparición del SATI. Vale destacar que el citado estudio de factibilidad pretende convertirse en una herramienta de uso inteligente y estratégico del poder de compra del Estado, colaborando así ADIMRA con los intereses vitales de la industria metalúrgica nacional que genera centenas de miles de puestos de trabajo calificados y contribuye enormemente al ahorro de divisas (R. De Dicco, comunicación personal, 21 de julio de 2022).

3.2 Los casos de IMPSA, Nuclearis S.A., Secin S.A. y TYCSA

3.2.1 IMPSA: historia, tecnología e innovación argentina

IMPSA es una empresa industrial de soluciones integrales para la generación de energía. Ofrece equipos para la industria de procesos y la energía nuclear. Además, es una de las cuatro empresas argentinas que cuentan con certificación ASME III para el diseño y la fabricación de componentes nucleares. Posee un Centro de Desarrollo Tecnológico situado en la provincia de Mendoza, en donde se fabrican componentes clave para proyectos hidroeléctricos, parques eólicos, centrales de generación de energía nuclear y equipos de proceso para la industria del gas y petróleo.

Siguiendo a Noussan Lettry y Pizarro Valle (2020), los orígenes de IMPSA se remontan al año 1907, cuando Enrique Pescarmona funda los Talleres Metalúrgicos, en la provincia de Mendoza, dedicados a la fabricación de repuestos de material de fundición de hierro, equipos para la industria vitivinícola y compuertas para los canales de irrigación. Casi cuarenta años después se crea Construcciones Metálicas Pescarmona S.R.L. (CMP) con el propósito de emprender el diseño y la construcción de estructuras metálicas, compuertas para irrigación, así como otros equipos electromecánicos.

En 1965 se adopta la denominación IMPSA (acrónimo de Industrias Metalúrgicas Pescarmona S.A.I.C. y F.) y se emprende el diseño y la construcción de grandes estructuras de acero y equipos electromecánicos. La empresa comienza con la fabricación de componentes de las centrales

de Arroyito, Las Maderas y Cabra Corral, la central Embalse Río III, y las destilerías de La Plata y Mendoza.

Durante las décadas de 1980 y 1990, la empresa se transforma en un referente mundial en la construcción de grúas portuarias y centrales hidroeléctricas bajo la modalidad «llave en mano», que lleva adelante una política de I+D con la construcción del Centro de Investigaciones Tecnológicas citado anteriormente. Al mismo tiempo se consolida en el mercado de la energía como desarrolladora de proyectos hidroeléctricos y obtiene dos importantes contratos bajo la modalidad B.O.T. (*Build Operate and Transfer*): Potrerillos, en la provincia de Mendoza; y CBK, en Filipinas.

A comienzos del siglo XX, se crea Wind, la unidad de negocios a partir de la cual IMPSA incursiona en la energía eólica con aerogeneradores de alta tecnología. En este contexto, obtiene un contrato para construir la Central Hidroeléctrica Tocomá y las turbinas Kaplan de mayor potencia construidas en Venezuela.

En 2018, la empresa modifica su denominación social y queda definitivamente bajo el nombre de IMPSA, como resultado del proceso de cierre de la reestructuración financiera de la compañía.

A partir de la *estatización de mercado* (Página 12, 2021) realizada en 2021, el 84,9 % de las acciones de la empresa pertenece a entidades que son propiedad del Estado: el 63,7 % es propiedad del Fondo Nacional de Desarrollo Productivo (FONDEP) —fondo fiduciario público controlado por el Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación—, mientras que el 21,2 % de las acciones de IMPSA pertenece a la provincia de Mendoza. El porcentaje restante de su capital social (un 15,1 %) es de propiedad privada: el 9,8 % está en manos de un fondo de capital controlado por

los acreedores de la empresa y el 5,3 % pertenece a un fideicomiso de capital controlado por los accionistas originales y fundadores de IMPSA.

3.2.1.1 IMPSA en el sector nuclear argentino

En 1980, IMPSA inicia la implementación de un sistema integrado de información «piloto», específico para el área de fabricación de componentes nucleares. IMPSA diseñó y construyó para la CNA II gran parte del equipamiento pesado (generadores de vapor, intercambiadores, presurizadores, esclusa, válvulas especiales, turbina hidroeléctrica, etcétera); e importantes equipos para la CNE, como así también para su proyecto de extensión de vida. Actualmente, fabrica los componentes principales del reactor CAREM.

La planta para la fabricación de componentes nucleares de IMPSA (Sala Nuclear) es una de las más grandes y modernas que existen en el mundo. Cuenta con sistemas de climatización y presurización que permiten la creación de un ambiente de trabajo libre de contaminantes, que asegura el cumplimiento de las más altas exigencias impuestas por el sector a los ambientes de fabricación y montaje de este tipo de equipos: entubado, montaje de generadores de vapor, soldaduras especiales: tubos, placa tubo y montaje de equipos auxiliares (Figura 1).

Figura 1. Sala Nuclear



Fuente: IMPSA (<https://www.impsa.com/servicios/servicios-industriales/componentes-nucleares/>)

Otro trabajo importante para el sector nuclear son los cuatro generadores de vapor para el Proyecto de Extensión de Vida de la CNE. Estos cuatro cilindros metálicos tienen en su interior 3540 tubos, cuya función es trasladar el agua pesada y transmitir el calor hacia el agua que genera el vapor a alta presión. La finalidad de este proceso es que el vapor impulse el turbogruppo generador de la central. Estos generadores se conectan al reactor nuclear y están compuestos por una camisa interna y un mazo de tubos (Figura 2).

Figura 2. Generadores de vapor para la CNE



Fuente: IMPSA (<https://www.impsa.com/productos/nuclear/>)

Para la CNA II, IMPSA construyó generadores de vapor de 450 tn cada uno, presurizadores y enfriadores del moderador. En tanto que, para el CAREM diseñó y fabricó el conjunto del recipiente de presión del reactor. Esta obra incluyó el transporte y el montaje.

En resumen, si observamos la evolución de las obras de IMPSA, se puede notar un primer período de piezas hidromecánicas ligadas a la vitivinicultura (bombas de riego, compuertas, etcétera). Luego se produce un cambio de escala con las primeras obras públicas para la provincia de Mendoza y la destilería de YPF en la misma provincia. Y posteriormente, se sumarían las grúas para puertos.

En las últimas décadas se agregan los negocios en el campo energético y los componentes nucleares. IMPSA pasó de la provisión de piezas complejas para centrales nucleares e hidroeléctricas a convertirse en un miembro importante del mundo de los proveedores de turbogrupos.

En 2021, ya en manos del Estado, IMPSA se convierte en una herramienta clave para el desarrollo de la infraestructura energética tanto hidráulica como eólica y nuclear.

3.2.2 Nuclearis S.A.: emprender e innovar

Nuclearis es una MiPyME argentina que realiza la ingeniería y la fabricación de diversos componentes mecánicos para el sector nuclear. Surge en 2009 con el objetivo de abastecer a las centrales nucleares. Hasta la actualidad, ha suministrado esos componentes en forma ininterrumpida y sin rechazos, lo que demuestra la robustez y la eficiencia de la tecnología involucrada en los diferentes procesos.

El ingeniero Badran, uno de sus dueños y fundador, acerca de los orígenes de Nuclearis comenta:

Nacimos como un emprendimiento MiPyME que fabrica componentes complejos para centrales nucleares. Para esto utiliza, muchas veces, ingeniería inversa, ciencia de los materiales, desarrollo de aleaciones especiales, soldaduras de uso nuclear, procesos físico-químicos para que no se produzcan fallas dentro del reactor, y mecanizados de alta precisión. Nacimos como un emprendimiento «de garaje». Fue allí (literalmente en un garaje) donde comenzamos a diseñar y construir una máquina automática para producir un componente que originariamente se importaba de Alemania y que resultaba crítico para la operación de los reactores tipo PHWR, como el de la CNA I y II. Se trata de un «sello mecánico» que obtura el circuito primario de agua pesada de ambas centrales (S. Badran, comunicación personal, 15 de junio de 2022).

Ya en 2008, los socios Damián Torre y Santiago Badran pusieron en marcha la idea de desarrollar productos de alta tecnología con gran valor

agregado para la industria nuclear. El primer proyecto sería el desarrollo de la fabricación de un componente crítico para el sellado del núcleo de los reactores de la CNA I y II, componente conocido como «anillo de cierre». Para lograrlo, diseñaron y construyeron una máquina que permitía automatizar y estandarizar el proceso de fabricación de los anillos, que funcionan como una de las barreras de contención del circuito primario en los canales refrigerantes de los núcleos de los reactores tipo PHWR alemanes. Con esta nueva máquina lograron automatizar, a partir de un brazo robótico, la electrodeposición de plata que recubre los anillos por el método de galvanoplastia bajo las estrictas especificaciones técnicas de NA-SA.

La construcción de la máquina llevó un año y medio. Posteriormente, realizaron pruebas en el *mock-up* (equipo que reproduce las condiciones del reactor) de la CNA I y en el reactor. Luego, la naciente empresa certificó ISO-9001 para la fabricación de componentes mecánicos para la industria nuclear y se lanzó a la licitación en 2011.

La producción del anillo, incluido el plateado, es un proceso realizado con máxima calidad, ya que, si la pieza fallara, se produciría la salida de servicio del reactor. Como ninguna persona puede ingresar a la tapa del reactor, la extracción de un componente defectuoso la realiza una máquina telemanipulada que localiza la pérdida y retira el elemento combustible con el anillo para reemplazarlo por otro. Este proceso dura, aproximadamente, tres días, lo que significa que el reactor deja de producir energía eléctrica con el correspondiente lucro cesante.

Nuclearis ha desarrollado y fabricado diversos componentes y equipos automáticos para los reactores de la CNA I y la CNA II, la CNE, el CAREM, el RA-10 y para la Nueva Planta de Uranio (NPU) de Dioxitek S.A. en la provincia de Formosa (Zappino, 2022c). A partir de allí comenzaron con

la fabricación de los anillos, que continúa hasta la actualidad. Desde 2011, la CNA I funciona con esos anillos y la CNA II los tuvo desde su primer día de funcionamiento.

En 2014 abrieron oficinas en San Carlos de Bariloche para trabajar en la ingeniería básica de procesos del reactor CAREM, y en Albuquerque, Estados Unidos, con la intención de venderle componentes nucleares al Departamento de Energía de ese país.

3.2.2.1 Nuclearis en el sector nuclear argentino

Nuclearis se caracteriza por dedicarse totalmente al rubro nuclear. Es una de las cuatro empresas en Latinoamérica que cuenta con la certificación ASME Nuclear (las otras tres son CONUAR, IMPSA y NUCLEP). Fabrica los siguientes productos mecánicos para el circuito primario del reactor:

- Anillos de cierre para la CNA I y II.
- *Seal insert* (similares a los anillos de cierre) para el reactor CANDU de la CNE⁷.
- *End fittings* (mantel), la pieza que recibe los EECC en los canales del reactor para la CNA I y II (conector superior del canal de combustible).
- Válvulas del circuito primario.
- Sellos de grafito nuclear.

Además, la empresa está en proceso de adquirir maquinaria y desarrollar la línea de producción de canales refrigerantes de zircaloy para el circuito primario del reactor.

⁷ Nuclearis próximamente exportará este producto.

A partir de marzo de 2022, Nuclearis le provee a Dioxitek S.A. las pastillas de cobalto 59 (^{59}CO), a partir de las cuales esta empresa fabrica los denominados *slugs* que contienen dichas pastillas. Esos «lápices», agrupados en manojos que forman barras, se depositan en el reactor de la CNE para que, mediante el proceso de fisión nuclear, el ^{59}CO absorba neutrones y se convierta en cobalto 60 (^{60}CO). Este proceso de absorción de neutrones identifica otra propiedad de las barras, debido a que son grandes absorbedoras de neutrones, pueden funcionar como controladoras del proceso de fisión dentro del reactor. Con este producto, Dioxitek fabrica las fuentes selladas de ^{60}CO para su aplicación en medicina nuclear y diversos procesos industriales.

Para fabricar las pastillas de ^{59}CO , Nuclearis importa el polvo de ^{59}CO y realiza un proceso que requiere varias etapas: prensado, sinterizado, rectificado y niquelado. Durante el prensado el polvo se convierte en un compacto cilíndrico. Luego, sigue la etapa de sinterizado. En el rectificado se hace un pulido exterior de la pastilla y, finalmente, en la etapa del niquelado, la más importante, se realiza el recubrimiento con níquel que le brinda una cobertura especial de protección. Este proceso de fabricación de objetos metálicos que parte de polvos finos se denomina *pulvimetalurgia*. Una vez que se compactan los polvos para darles una forma determinada, se calientan a una atmósfera controlada y se obtiene la pieza. En la figura 3 se observa la plateadora 1.0.

Figura 3. Plateadora 1.0



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Otros trabajos de Nuclearis para el sector nuclear:

Sistema de Seguridad en Piletas de Combustibles. Desarrollo de la ingeniería, la construcción y la puesta en marcha de un sistema de seguridad operacional automatizado para reducir las maniobras del puente que maneja los EECC quemados. La innovación es la adaptación del antiguo sistema mecánico y su equipamiento con sensores digitales y codificadores digitales de última generación en un sistema automatizado que restringe el movimiento del puente en sus tres ejes, que le permite moverse dentro de un espacio determinado llamado «volumen virtual», más pequeño que el volumen real de la piscina. Este sistema elimina el riesgo de colisión de una barra de combustible quemado contra otros EECC sumergidos, las paredes de la piscina o los suelos.

Encoders Mecánicos Nucleares. Nuclearis desarrolló la producción de discos metálicos de alta precisión para el sistema de posicionamiento

de la máquina de recarga de las centrales nucleares CNA I y II. Esta máquina se encarga de extraer los EECC quemados e introducir otros nuevos en el interior de la vasija del reactor.

Plateadora 2.0. Diseño y fabricación de dos componentes mecánicos para la isla nuclear del reactor de la CNE. Estos componentes mecánicos desempeñan un papel clave en la operación del reactor, ya que su función es sellar el agua pesada en el circuito primario y en el interior de los accesorios finales. Uno de ellos, llamado *Seal Insert*, consiste en un anillo de acero recubierto con una capa electrolítica de oro de 24 kilates. Este anillo se ensambla con otra pieza mecánica llamada *Seal Disc*, cuya función es sellar el canal del combustible. Esta última pieza tiene un recubrimiento electrolítico de níquel de alta resistencia. Para este proceso, la empresa desarrolló especialmente una máquina de recubrimiento de oro y níquel para componentes CANDU. En este contexto, implementó el uso de un robot FANUC con 6 grados de libertad (Figura 4).

Figura 4. Plateadora 2.0-Brazo mecánico

Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Válvula de circuito primario. Los reactores tipo PHWR de Siemens-KWU fueron diseñados en la década de 1970. Actualmente, algunos repuestos ya no se fabrican en su país de origen. Nuclearis ha desarrollado varios componentes mecánicos que han sido discontinuados por los fabricantes originales en Alemania. Para ello, realizó ingeniería inversa de una válvula del circuito primario de agua pesada y fabricó prototipos para probar en maqueta hasta obtener una calificación final acorde a los requisitos técnicos de las CNA I y II. Las distintas partes mecánicas fueron ensambladas mediante soldadura TIG con los procedimientos aprobados por las centrales. Al día de hoy, Nuclearis es el único proveedor cualificado para la fabricación de este componente.

Trazabilidad de documentación de piezas y componentes nucleares basado en tecnología blockchain. Una de las últimas innovaciones de Nuclearis es el desarrollo, con la asistencia y consultoría de IOV Labs⁸, de una solución impulsada por RSK para rastrear documentos relacionados con la cadena de suministros de la planta de energía nuclear. Al respecto, el ingeniero Badran describe lo siguiente:

En 2017 comenzamos con el proyecto de trazabilidad de documentación de piezas y componentes nucleares basado en tecnología *blockchain*. En ese momento había algunas notas, del ASME fundamentalmente, que mencionaban la potencialidad de esta tecnología. En marzo de 2018, en la página del ASME, salió publicada una nota extensa sobre esa potencialidad, pero nosotros ya llevábamos un año en el tema. Lo que hacemos con esta plataforma es garantizar la veracidad de la información de la trazabilidad y la fabricación de un componente nuclear. Todos nuestros proveedores, cada vez que fabrican algo para NUCLEARIS, incluso los alemanes que nos venden el acero, cuando lo funden y están armando el certificado de calidad, presionan un botón y lo suben a la *blockchain*, y ya nada ni nadie lo puede modificar. Esto surgió a raíz de la existencia de escándalos a nivel mundial acerca de componentes fraudulentos. Ha ocurrido en Corea del Sur y en Francia que descubrieran problemas, por ejemplo, de una soldadura mal hecha o un proceso incorrecto de fundición de acero. Y eso lleva a descartar componentes que no sirven y que cuestan miles o millones de dólares. Y modificaron la documentación para decir que estaba todo bien. Si se hubiese utilizado la tecnología *blockchain*, cada uno de los procesos se subía, y la documentación ya no se podía modificar. El cliente final, que es la central nuclear, podría chequear documento por documento contra lo que está subido en internet y que no se hayan cambiado datos en el camino. Eso fue lo que hicimos nosotros. La OIEA tiene documentación sobre piezas

8 Empresa que impulsa a RSK *blockchain* con tecnología Bitcoin y su infraestructura Framework (RIF).

y componentes nucleares falsos. Eso demuestra que el problema existe. En este momento tenemos siete proyectos basados en *blockchain* aplicados al rubro nuclear (S. Badran, comunicación personal, 15 de junio de 2022).

Acerca de la innovación llevada adelante por la empresa, Badran aclara:

La innovación es utilizar las tecnologías que aparecen en otras industrias y adaptarlas a la industria nuclear. El ejemplo es esto de la tecnología *blockchain*, algo que nació por el tema de las criptomonedas. De esa tecnología nosotros extrajimos las mejores propiedades y la utilizamos para la trazabilidad de la industria nuclear. Esta tecnología aplicada a la industria nuclear le otorga seguridad, la palabra número uno en la operación de centrales nucleares. Para nosotros, la innovación es estar perceptivos a las distintas tecnologías que surgen alrededor del mundo en beneficio de otras industrias y adaptarlas a la industria nuclear. Es decir, tecnologías como *trackeo* satelital, internet de las cosas, *blockchain*, inteligencia artificial, *machine learning*, etcétera, tienen la posibilidad de ser adaptadas a la industria nuclear. Se trata, entonces, de una resignificación de tecnologías y su utilización en otros sectores industriales (S. Badran, comunicación personal, 15 de junio de 2022).

Y sobre el futuro de la empresa en el sector nuclear, agrega:

Nuclearis seguirá abasteciendo a la industria nacional mientras esta lo demande, pero nuestra intención es expandirnos al resto del mundo. La certificación ASME Nuclear nos permite exportar componentes para casi cualquier reactor en el mundo. Es decir, ingeniería y fabricación en la Argentina para reactores en el mundo. No nos iríamos de la Argentina porque aquí hay todo un conglomerado científico-tecnológico que nos apoya para desarrollarnos, pero Nuclearis no tiene que depender de las

fluctuaciones de la demanda nuclear argentina (S. Badran, comunicación personal, 15 de junio de 2022).

3.2.3 Secin S.A.: soluciones tecnológicas

La empresa Secin fue fundada en 1978, comenzó con 15 empleados en un pequeño galpón de Bernal, provincia de Buenos Aires. Desde sus inicios, la estrategia fue la fabricación de máquinas y equipos (bienes de capital) no seriados y fabricados a pedido para resolver los problemas de los clientes, apartándose de las producciones seriadas. A los pocos años el taller quedó pequeño y decidió comprar una parcela de tierra en Quilmes Oeste donde hasta hoy funciona la empresa.

El Ingeniero Barrabé, Gerente de Negocios-División Equipos, sobre de los orígenes de la empresa comenta:

Secin comienza como fabricante de puentes-grúa de pequeña capacidad para la industria siderúrgica. Poco a poco va generando una estructura de ingeniería cada vez más importante y va ganando prestigio rápidamente, lo cual le permite comenzar a fabricar puentes-grúa de mayor capacidad y equipos de transporte horizontal para las plantas de laminados de la actual Tenaris y lo que era en ese momento Propulsora Siderúrgica. Eran los años de las grandes inversiones en los proyectos sidero-metalúrgicos, que Secin acompañó con éxito. En los años ochenta, las inversiones en el sector sidero-metalúrgico disminuyeron notablemente, y tuvimos que cambiar de rubro. En ese momento descubrimos el sector cervecero, y nos dedicamos a fabricar plantas cerveceras, que son grandes recipientes a presión, equipos que pesan unas 20 tn, tienen 6 m de diámetro y más de 20 m de longitud, tanto de acero al carbono como acero inoxidable; además,

los grandes recipientes en donde se realiza la cocción de los mostos⁹, lo cual nos convirtió en una empresa especializada en todo lo que fuera acero inoxidable. Además, para entregar plantas «llave en mano», desarrollamos un sector de instrumentación y automatización industrial muy poderoso que hasta hoy sigue siendo la «estrella» del mercado. Es decir, no somos un jugador menor. Hacia los años noventa ya hacíamos puentes-grúa sofisticados para la industria siderometalúrgica. En esos años se cae el negocio de la cerveza y buscando otro rubro descubrimos el sector petrolero o de oil & gas (como se lo llama ahora). Y allí también nos convertimos en un actor importante, que en este momento coexisten armónicamente el sector cerveza, el sector oil & gas y el sector puentes-grúa, aunque minimizado (V. Barrabé, comunicación personal, 12 de julio de 2022).

Secin también incursiona en la fabricación de equipos especiales para las plantas de ácido sulfúrico. Su principal mercado en esta línea es Chile. Cabe mencionar que un logro fue la exportación a Arabia Saudita de un reactor catalítico de 800 tn de peso construido en acero inoxidable.

A comienzos del siglo XXI, Secin decide incursionar en el diseño y la fabricación de plantas de tratamiento de gas natural. Para esto consiguió apoyo tecnológico en Canadá, que le permitió un crecimiento de la capacidad de ingeniería. Como consecuencia, Secin logra el primer contrato EPC para una planta de tratamiento de gas para Chevron en Río Negro.

Al mismo tiempo, la empresa se especializaba en el diseño y la fabricación de intercambiadores de calor, reactores y recipientes en materiales especiales que demandaron la adquisición de equipamiento especial. Con esta línea

⁹ El mosto de cerveza es el líquido extraído del proceso de remojado de malta durante el proceso de fabricación de la cerveza.

participó en las ampliaciones de las refinerías de Repsol y luego de YPF con la fabricación de equipos de gran relevancia técnica.

Los mercados en los que trabaja la empresa abarcan rubros diversos, como industrias livianas, industrias pesadas, nuclear, siderurgia, farmacéutica, energía, gas y petróleo, químicas, minería, alimentos y bebidas y agroindustria.

3.2.3.1 Secin y el sector nuclear argentino

En lo referente al tema de este trabajo, Barrabé detalla brevemente la participación de Secin en el sector:

Nuestra primera experiencia en el sector nuclear fue en los años ochenta, con trabajos para la CNE, donde construimos un incinerador de residuos. Luego, en esos años, ganamos todos los puentes-grúa menores de la CNA II. Allí estaban el puente-grúa polar y el puente-grúa de turbina, que los hizo IMPSA, y los puentes-grúa de piletas que eran importados. Luego, el sector nuclear entra en una etapa de crisis. Cuando se reactiva, había que colocar en algún lugar a los EECC quemados, y la forma de almacenarlos es mediante «perchas de almacenamiento». Entonces fabricamos esos componentes para las piletas de la CNA I. Y los seguimos fabricando hasta el día de hoy. Luego hicimos algunas cosas menores, hasta que llegó la obra del RA-10, para el cual nos adjudicaron la pileta de contención del reactor y una serie de equipos menores. También hicimos tres puentes-grúa en la zona controlada del reactor. Para el proyecto del reactor CAREM nos hicieron dos compras muy importantes: dos exclusas del recinto de contención o *liner* del reactor, que las fabricamos bajo código ASME III¹⁰; luego hicimos el puente-grúa del reactor. NA-SA también nos adjudicó el dispositivo de transferencia

10 Sección de la certificación ASME para componentes nucleares.

de los EECC quemados para el proyecto ASECQ 111. El dispositivo quita los EECC quemados y los traslada a los nichos de contención definitiva. En este momento estamos en el proceso de puesta en marcha (V. Barrabé, comunicación personal, 12 de julio de 2022).

La pileta del RA-10 es uno de los componentes fundamentales del reactor, dado que alojará el núcleo de componentes conformado por los EECC, las barras de control y demás dispositivos que lo constituyen. Los ingenieros y técnicos de INVAP y CNEA diseñaron este componente de 14 m de alto por 4,5 m de ancho, también capacitaron a los soldadores de Secin para certificarlos con los altos estándares que exige la industria nuclear.

A continuación, se describen los principales componentes para el sector nuclear producidos por Secin:

- Puente-grúa principal para el edificio del reactor CAREM. Las características son capacidad de 30/5 tn, trocha de 26,7 m y la altura de izaje de 23 m (Figura 5).
- Perchas simples y dobles para el almacenamiento de EECC quemados, de acero austenítico grado 316 L¹² (Figura 6).
- Dispositivos de acarreo y almacenamiento de EECC quemados, con un peso de 72 tn, de acero al carbono y acero inoxidable (Figura 7).
- Escotillas de contención del reactor CAREM, de 100 tn, de acero austenítico Grado 304 L (Figura 8).

11 Almacenamiento en seco de EECC quemados de la CNA I (sobre este proyecto ver Zappino 2022a; 2022b).

12 Los aceros austeníticos son aceros inoxidables no magnéticos que contienen altos niveles de cromo y níquel y bajos niveles de carbono. Conocidos por su resistencia a la corrosión, son el grado de acero inoxidable más utilizado.

Además de estos productos, Secin participó de diferentes servicios y en la fabricación de componentes para la CNE:

- Tanques API de almacenamiento de agua y combustible para la planta de generadores diésel de emergencia construida por la empresa Ansaldo.
- Prestación de servicio de ingeniería, suministro de materiales y equipamiento, montaje y puesta en marcha de un sistema auxiliar de refrigeración del reactor¹³.
- Fabricación e instalación de un tanque de acero inoxidable para agua desmineralizada del sistema de agua de alimentación del sistema de vapor.
- Fabricación de una carcasa para el intercambiador de calor de purificación del sistema primario de transporte de calor.
- Incinerador de residuos.

Para la CNA I realizó:

- La provisión de una percha simple para la segunda casa de piletas.
- Cinco perchas simples y dos perchas doble para la segunda casa de piletas.

Para la CNA II realizó:

- Puentes grúa.
- Recipientes para almacenamiento de agua desmineralizada (Figura 9).
- Cuatro perchas simples y una doble para la casa de piletas (Figura 7).

¹³ Luego del accidente nuclear de Fukushima, se estableció que todas las centrales nucleares debían tener un sistema auxiliar de refrigeración del reactor.

Otros productos de Secin para el sector nuclear fueron los siguientes:

- Puentes-grúa para el CAE.
- Puentes-grúa para FAE (hoy fusionada con CONUAR S.A.).
- Portones de blindaje, tanto de desplazamiento lineal como giratorios, para las plantas de radioisótopos del CAE.
- Intercambiadores de calor para el Tandem 2 (Acelerador electrostático de deuterones y partículas alfa hasta energías de 20 MV) ubicado en el CAC.

Figura 5. Puente grúa principal para el edificio del CAREM



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 6. Perchas para almacenamiento de EECC quemados



Fuente: Secin (<https://www.secin.com.ar/mercados/perchas-para-almacenamiento>)

Figura 7. Dispositivos de acarreo y almacenamiento de EECC quemados



Fuente: Secin (<https://www.secin.com.ar/mercados/dispositivos-de-acarreo-y-almacenamiento>)

Figura 8. Escotilla de contención del reactor CAREM



Fuente: Secin (<https://www.secin.com.ar/mercados/dispositivos-de-acarreo-y-almacenamiento>)

Figura 9. Recipiente para el reactor RA-10



Fuente: Secin (<https://www.secin.com.ar/mercados/recipientes-para-reactores>)

Con respecto al aporte de Secin al sector nuclear, Barrabé afirma que «Secin le brinda al sector soporte de ingeniería de detalle para materializar proyectos. Ese soporte no es fácilmente disponible dentro de las distintas empresas del sector nuclear» (V. Barrabé, comunicación personal, 12 de julio de 2022).

3.2.4 TYCSA: ingeniería, fabricación e innovación

TYCSA fue creada en 1977, con el fin de proveer soluciones a los diferentes sectores productivos a través de la ingeniería, la fabricación, la logística, el montaje en obra y la puesta en marcha de sistemas y equipos. Su presidente, el ingeniero Scian, comenta sobre los orígenes de la empresa:

Nacimos en 1977. Ya tenemos 46 años de historia. Desde chico yo sabía que iba a poner una fábrica. Luego fui a una escuela industrial para ser técnico mecánico y electricista. Pude hacer una pasantía en Ezeta, una fábrica de brocas y fresas. Al terminar el secundario, estudié Ingeniería Industrial en la UNLP. Luego fui docente de la Facultad de Ingeniería muchos años. Y un día, junto con el esfuerzo y la dedicación de mi esposa, creamos TYCSA. Arrancamos en un terreno de 300 m² alquilado en Banfield, donde se amontonaban el taller, las oficinas, el vestuario, el depósito, etcétera. Primero hicimos tareas de mecanizado, pero, al ver que no era rentable, comenzamos a trabajar para acerías, como Gurmendi y Acindar. Cuando comenzaron a cerrar las acerías, arrancamos con los montajes de plantas industriales.

Luego, en 1986, compramos un terreno en el Partido de Esteban Echeverría, provincia de Buenos Aires, y comenzamos a fabricar recipientes de petróleo para Bridas. Nos fuimos especializando en el rubro del petróleo y gas. Hoy somos un referente del sector. Ahí empezamos a adquirir experiencia

en soldaduras. A pesar de las crisis, fuimos mejorando, incorporando maquinaria y puentes-grúa. Luego, en 2009, comenzamos a producir algunos componentes y servicios para el sector nuclear.

Hace más de 40 años nos especializamos en la fabricación de equipos y estructuras complejas de acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones especiales para el sector del oil & gas. Hemos logrado la flexibilidad para adaptarnos a los cambios y mantenernos como un proveedor importante en el rubro. No solo tenemos las instalaciones y las máquinas para conseguir el desarrollo de grandes proyectos, sino también un gran equipo de profesionales que brinda el sustento técnico para el diseño y la ejecución en los plazos y precios requeridos por los clientes (C. Scian, comunicación personal, 7 de julio de 2022).

Las principales actividades de TYCSA son la ingeniería básica y de detalle para procesos y diseño de equipos, el montaje en obra y puesta en marcha, servicio postventa, servicios logísticos integrales y la provisión de repuestos. Se especializa en la fabricación de equipos y estructuras complejas de acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones especiales para el mercado nacional e internacional de acuerdo con las normas, códigos y estándares más exigentes. Todos los procesos cuentan con la certificación internacional de Gestión de Calidad bajo norma ISO 9001-2008.

En sus primeros años, TYCSA logró insertarse en el mercado nacional e incursionó en áreas que excedían ampliamente sus actividades iniciales, pero con una alta capacidad y poder de adaptación. De esta manera, producía para empresas siderúrgicas, madereras y nucleares, entre otras. A fines de la década de 1980 y durante los noventa, junto con los emprendimientos de energía nuclear, comienza a participar de la fabricación, la provisión y el montaje de equipos para la industria del petróleo y el gas, y desarrolló

obras en todo el país, entre ellas, el prefabricado de cañerías más grande elaborado en el país con destino al yacimiento de Loma de la Lata.

A fines de la década de 1990 y la primera década del siglo XXI, TYCSA se afianzó como un referente en el sector de provisión de equipos para el rubro del gas y el petróleo y desarrolló obras de ingeniería y puesta en marcha de equipos para los clientes más importantes en el nivel mundial. Además, en este período, la empresa certifica la norma ASME para la fabricación y el montaje de sus equipos bajo las normas ISO 9001.

En la actualidad, TYCSA cuenta con clientes en toda la región y realiza importantes inversiones que permiten ampliar y modernizar la capacidad operativa y mejorar las condiciones de trabajo y servicios prestados a todo su personal. Además, cuenta con un importante programa de capacitación del personal y de alumnos secundarios y universitarios externos. Sobre este tema, Scian explica:

Tenemos una sala de capacitación. Las escuelas industriales, las universidades, etcétera, brindan capacitación, pero normalmente lo que ocurre es que no dan capacitaciones muy específicas porque es imposible tener tantas escuelas industriales como industrias hay. Por lo tanto, nosotros capacitamos a nuestra gente como lo necesitamos. Les dictamos cursos nosotros o traemos instructores externos. Lo hacemos para nuestra gente y, a veces, si traemos un inspector de ASME Internacional, permitimos que concurren alumnos de universidades y escuelas. Porque la universidad muchas veces no puede pagar esas capacitaciones. Si ellos forman buena gente, la inversión que ponemos en la capacitación está retornando de alguna forma. También formamos a nuestra gente en los talleres. Alguna vez hicimos un convenio con Instituto

Provincial del Empleo de la provincia de Buenos Aires¹⁴. Ellos pagaban el instructor, y nosotros poníamos las maquinas, los consumibles, etcétera, para formar, por ejemplo, soldadores TIG¹⁵. Lo que les pedimos es que además de gente externa que viniera a tomar los cursos, pudieran tomarlo también nuestra gente. Resumiendo: no podríamos haber incorporado nuevas líneas de producción y trabajo, innovar, etc., si no hubiéramos capacitado a nuestra gente (C. Scian, comunicación personal, 7 de julio de 2022).

Lo expuesto muestra que desde TYCSA se trabaja fuertemente en el aprendizaje y el crecimiento mediante planes sostenidos que fomentan las prácticas de mejora continua para producir soluciones de excelencia en los rubros en los que opera.

3.2.4.1 TYCSA. en el sector nuclear argentino

En los últimos años, TYCSA proveyó al sector nuclear argentino de diversos componentes, que se describen a continuación.

Entre 2012 y 2015 para la empresa neuquina ENSI S.E. realizó:

- Mazo Tubular Equipo 11H03 y Mazo tubular Equipo 26H1. Este equipo pertenece al intercambiador de calor de casco y tubos 11H03 y al 26H1 para tratamiento de agua pesada (Figura 10).
- Fabricación de reactores 18B3. En la Unidad 18, el gas de síntesis pesado libre de amoníaco ($N_2 + 3 D_2$) se convierte en agua pesada mediante una combustión catalítica con aire seco. Se cuenta con

¹⁴ Actualmente es el Instituto Provincial de Formación Laboral, que coordina, asiste y supervisa los 200 Centros de Formación Laboral (CFL), en convenio con diferentes actores sociales de la provincia. Estos centros brindan a la comunidad una oferta de cursos y trayectos formativos gratuitos sobre diversas temáticas, que tienen reconocimiento oficial.

¹⁵ TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza por soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

dos líneas de reactores: 18 B3 A y 18 B3 B con 12 reactores cada una. Los reactores se alimentan en serie con respecto al aire e individualmente (o en paralelo) con respecto al gas de síntesis. Una sola línea de reactores tiene capacidad para procesar el gas proveniente de las dos líneas de producción de PIAP. El lecho de cada reactor está cargado con 16,25 kg de catalizador, en forma de esferas compuestas por paladio en soporte de alúmina. Debido a que se retiraron los reactores por problemas de pinchadura, se fabricaron 12 reactores nuevos (Figura 11).

- Retubado de Equipo 27R01. Fabricación de nuevo mazo tubular y retubado del intercambiador de calor de casco y tubos para la Planta Industrial de Agua Pesada (Figura 12).
- Retubado de Equipo 13.1R3 y 13.2R3. Fabricación de nuevo mazo tubular y retubado de los Intercambiadores de calor de casco y tubos para la Planta Industrial de Agua Pesada (Figura 13).

Entre 2015 y 2018 fabricó los siguientes componentes y equipos para la CNEA:

- Cámara LOCA (*loss of coolant accident*). En un reactor refrigerado por agua en estado estacionario, la pérdida de refrigerante puede causar crisis de ebullición con potencial deterioro de las varillas de los EECC. El accidente requiere la parada automática del reactor y la iniciación del sistema de refrigeración de emergencia. Para ello, TYCSA fabricó una cámara (recipiente a presión) para simular las condiciones ante tal falla. El recipiente fue considerado con estampa ASME U (Figura 14).
- Blindajes y soportes para detectores gamma del sistema adicional de detección de fuga de agua pesada en los intercambiadores de calor del moderador de la CNE (Figura 15).

En 2016 fabricó para FAE S.A. (actualmente integrante del grupo CONUAR S.A.) una prolongación de horno de recocido para el tratamiento térmico de tubos especiales para el CAREM (Figura 16). En 2017 fabricó para NA-SA el tanque colector del sistema de recuperación de vapor de la CNE (Figura 17).

Figura 10. Mazo Tubular Equipo 11H03



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 11. Reactores



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 12. Mazo tubular 27R01 para retubado de intercambiadores de calor



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 13. Mazo tubular 13R3 para retubado de intercambiadores de calor



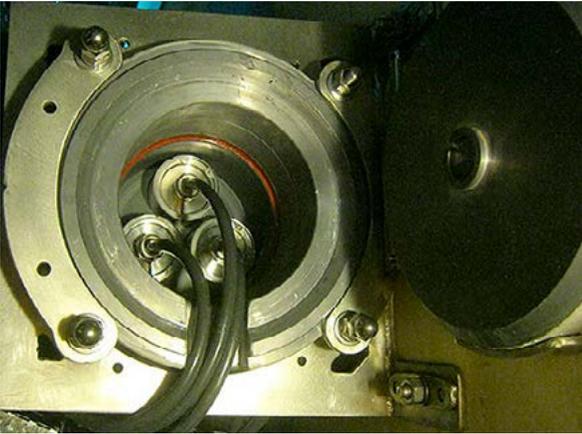
Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 14. Cámara LOCA (*loss of coolant accident*)



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 15. Detectores gamma



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 16. Prolongación de horno de recocido para CAREM



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

Figura 17. Tanque colector del sistema de recuperación de vapor de la CNE



Fuente: imagen provista por la empresa al autor

A modo de conclusión

Quilici (2008) sostenía que no se podía negar que la formación de investigadores básicos alimentó el caldo de cultivo donde se fermentaron las ideas de la autonomía tecnológica. Pero el origen de la decisión de construir una central nuclear en los años sesenta se debe buscar en las ideas del triángulo de Sábato y en la oportunidad de perfeccionar su funcionamiento a través del desarrollo nuclear, producto de un pensamiento político que concebía la tecnología como una herramienta para el desarrollo.

En este sentido, para lograr la máxima participación de la industria nacional en la fabricación de los componentes de la CNA I, la CNEA creó, en 1965, el denominado «Grupo Industria Nacional» (GIN), cuyo objetivo era estudiar, analizar y evaluar los contratos para asegurar la participación. De esta manera, el SATI quedaba en condiciones para cumplir esa misión en contacto con la industria metalmeccánica.

En efecto, utilizar la capacidad del Estado para la planificación de los sectores estratégicos de la economía fue la clave que permitió la participación de la industria nacional en el desarrollo de componentes y servicios para el sector nuclear.

Es innegable, entonces, el éxito del proceso de transferencia de tecnología que se alcanzó con la construcción de las dos primeras centrales nucleares: CNA I y CNE. Ese éxito se debió, principalmente, a la claridad de las ideas que encerraba la teoría del desarrollo planteada por Jorge Sábato, al enfoque heterodoxo que alentaba la intervención pública como herramienta relevante de políticas económicas y a la continuidad del equipo responsable del estudio de factibilidad para la construcción de ambas centrales.

De esta manera, la CNEA coordinó este proceso basado en la amplia experiencia lograda en más de setenta años de desarrollo de la actividad nuclear en el país. Para ello, contaba con personal capacitado, la concreción de obras y vínculos con la industria. En este punto es clave el concepto de autonomía tecnológica de Sábato, incluido en el modelo del triángulo, con su premisa «aprender haciendo» y «apertura del paquete tecnológico». El segundo de los conceptos, esencialmente, fue la clave para que numerosos componentes de las obras nucleares sean producidos por la industria nacional.

Otro rol importante de la CNEA fue la transferencia de tecnología. En este punto se destaca la labor del SATI en conjunto con ADIMRA. Mediante ese rol, se logró incorporar el concepto de calidad y cumplimiento de las especificaciones estrictas para la industria nuclear. Así, a nivel de política científica tecnológica debemos remarcar que el SATI aparece como un logro que permitió la relación entre la ciencia, la tecnología y la industria.

De Dicco, Deluchi y Ferrer (2015) reafirman el importante papel que cumplió el SATI en el asesoramiento a las empresas metalúrgicas sobre la aplicación de las especificaciones técnicas, y sobre los métodos y procesos de fabricación más convenientes para cumplimentar las exigencias impuestas por normas de control de calidad dentro de los plazos programados.

Históricamente, entonces, la CNEA, conjuntamente con todo un sistema de empresas públicas, mixtas y privadas, siguió un derrotero que ubicó a la Argentina en el grupo de los países con dominio de la energía nuclear, fortaleciendo de esa manera la soberanía energética y el desarrollo autónomo.

Sería con el relanzamiento del Plan Nuclear, en 2006, que la industria local profundizaría su inserción en el sector nuclear al participar activamente de la terminación y puesta en marcha de la CNA II, de la extensión de vida de la CNE, de la construcción del reactor multipropósito RA-10 y del primer reactor nuclear de potencia argentino CAREM. Junto a otros, sin dudas, el Plan Nuclear Argentino es un vector de desarrollo de la industria metalúrgica nacional.

En otro orden, esta estrategia de desarrollo permitió que el país se mantuviera en contacto permanente con empresas extranjeras y organismos estatales y supranacionales importantes en el desarrollo científico-tecnológico para adquirir aquellas capacidades que le permitan a la Argentina hacer frente a los desafíos que imponía el abastecimiento energético. En este sentido, la transferencia de tecnología y el alto grado de participación de la industria local en el sector nuclear permitió al país alcanzar un grado de desarrollo sobresaliente en la región.

Los factores mencionados posibilitan el desarrollo de un sector nuclear que excede a la CNEA y derrama conocimiento en la industria y en otros sectores, como la agricultura, la salud, los alimentos. Se trata, entonces, de una situación virtuosa que permite operar las centrales nucleares, capacitar recursos humanos y desarrollar la tecnología nuclear en general. Este ha sido el camino marcado por la CNEA y la transferencia de tecnología al resto de la industria local.

En suma, el impacto de esta política conducida por el Estado nacional desde CNEA resultó clave para las cuatro empresas estudiadas, ya que tuvieron la oportunidad de ser partícipes de todos los proyectos nucleares, como la finalización de la CNA II, la extensión de vida de la CNE y la provisión de componentes convencionales y prestación de servicios de montajes

electromecánicos para el Proyecto CAREM y el reactor multipropósito RA-10. A su vez, estas acciones derivaron en más puestos de trabajo calificados, más *know-how* industrial, más profesionales calificados y, por consiguiente, en mayor independencia y soberanía en materia de tecnología nuclear con fines pacíficos.

Listado de empresas citadas

ACINDAR (INDUSTRIAL ARGENTINA DE ACEROS S.A.): empresa argentina que se dedica a los sectores del acero, agronomía, industria y construcción. Fue fundada en 1942 por un grupo de empresarias/os entre los que se destaca el ingeniero Arturo Acevedo. Su sede central está ubicada en la ciudad de Villa Constitución y posee plantas en las ciudades de Rosario, Villa Mercedes, La Tablada y San Nicolás. Desde 2006, Acindar es parte del Grupo ArcelorMittal.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME): creadora de los certificados ASME, reconocidos internacionalmente por los profesionales de los sectores donde los estándares deben cumplir con las máximas garantías de diseño, fabricación y calidad. Las certificaciones ASME abarcan una amplia variedad de equipos industriales, entre ellos los recipientes a presión (calderas de aceite térmico, intercambiadores, vaporizadores y depósitos), materiales ferrosos, materiales no ferrosos, materiales de soldadura, propiedades de los materiales, pruebas no destructivas, reglas para la construcción de recipientes a presión y calificación de soldaduras y *brazing* (grupo de procesos de fundición de los materiales, donde se los calienta a una temperatura superior a los 450 °C en presencia de un material de aporte y por debajo de la temperatura de fusión del metal base. El metal de aporte es distribuido entre las superficies de la junta, que al encontrarse en estrecho contacto por acción capilar generan una unión de materiales muy fuerte).

ARGATOM S.A.: empresa creada en 1977 a partir de Tecno Bidas (grupo Bidas), Arcometal, Corti y SAIEVA.

ELECTROINGENIERÍA S.A.: empresa fundada en 1977, originaria del Grupo Eling S.A. Se dedica a la ingeniería, la construcción, la operación y el mantenimiento de grandes obras y servicios electromecánicos, civiles, de arquitectura, viales, de saneamiento, de conducción de fluidos y otras especialidades.

ENSI S.E. (EMPRESA NEUQUINA DE SERVICIOS DE INGENIERÍA SOCIEDAD DEL ESTADO): nace el 21 de diciembre de 1989 de un convenio entre la CNEA y el Gobierno de la Provincia de Neuquén, con el objetivo de producir y comercializar agua pesada (D2O) virgen grado reactor. ENSI opera la Planta de Industrial de Agua Pesada (PIAP). Allí se produce el D2O que se utiliza como moderador y refrigerante en los reactores nucleares argentinos que emplea uranio natural como combustible.

GURMENDI: grupo conformado por cuatro firmas y varias plantas (Gurmendi —hierro redondo—, Santa Rosa —aceros especiales—, Genaro Grasso —caños con costura—, y Gurmendi —chapa galvanizada—). Fue una de las acerías más grandes de Sudamérica, absorbida por Acindar en 1982.

NUCLAR: empresa creada en 1976 con la participación de SADE (grupo Pérez Companc); Techint, McKee y Tauro (grupo Techint); y Deasi.

NUCLEP: industria estratégica creada para atender el Programa Nuclear Brasileño y especializada en la fabricación de equipos pesados, únicos y diferenciados para los sectores nuclear, defensa, petróleo y gas y energía (<https://www.nuclep.gov.br/pt-br/>).

PROPULSORA SIDERÚRGICA: actualmente Siderar Planta Ensenada está radicada en la localidad de Ensenada, provincia de Buenos Aires. Desde 1969, se dedica al laminado en frío, una de las últimas etapas del

proceso siderúrgico, y comenzó a competir con SOMISA en la fabricación de productos planos. En 1993, varias empresas (SOMISA, Propulsora Siderúrgica, Bernal, Sidercolor y Sidercrom) se fusionaron bajo el nombre de Siderar. Actualmente, Siderar forma parte del complejo siderúrgico que el grupo Techint denominó Terniun en 2005 (Iramain, 2022).

SACDE (SOCIEDAD ARGENTINA DE CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO ESTRATÉGICO): empresa privada fundada en 1977, que originalmente se llamó IECSA. Se orientó principalmente al montaje de obras electromecánicas.

Glosario

Circonio: las aleaciones de este material son ampliamente utilizadas en la industria nuclear, debido a su alta resistencia a la corrosión, sus excelentes propiedades mecánicas y su baja sección eficaz de absorción neutrónica.

Electrodeposición: proceso por el cual un recubrimiento metálico es aplicado sobre una superficie a través de una corriente eléctrica, generalmente continua. Los principales componentes son electrolito (una solución que contiene los iones de metal que se desea depositar); cátodo (superficie donde se presenta la reacción de reducción, también conocido como electrodo de trabajo); y ánodo (superficie donde se produce la reacción de oxidación), que puede ser activo o inerte. Cuando es inerte, no sufre ningún cambio químico durante el proceso.

Ingeniería inversa: proceso que identifica las propiedades de un objeto físico mediante la realización de un análisis exhaustivo de su estructura, sus funciones y operaciones.

Machine learning: disciplina científica del ámbito de la inteligencia artificial que crea sistemas que aprenden automáticamente. En este contexto, aprender significa identificar patrones complejos en millones de datos. La máquina que realmente aprende es un algoritmo que revisa los datos y es capaz de predecir comportamientos futuros. Automáticamente, en este contexto, implica que estos sistemas se mejoran de forma autónoma con el tiempo, sin intervención humana (<https://cleverdata.io/que-es-machine-learning-big-data>).

Robot FANUC con 6 grado de libertad: robots industriales que aumentan la productividad. Son fáciles de manejar y proporcionan una flexibilidad

absoluta. Los grados de libertad, también llamados DOF (por sus siglas en inglés, *degree of freedom*) refieren al número de movimientos independientes que se pueden realizar. En otras palabras, un grado de libertad es la capacidad de moverse a lo largo de un eje (movimiento lineal) o de rotar a lo largo de un eje (movimiento rotacional); por ejemplo, un automóvil posee 3 grados de libertad, dos de posición y uno de orientación. Seis grados de libertad se refiere al movimiento en un espacio tridimensional, es decir, la capacidad de moverse hacia delante/atrás, arriba/abajo, izquierda/derecha (traslación en tres ejes perpendiculares), combinados con la rotación sobre tres ejes perpendiculares: guiñada, cabeceo y alabeo (<https://sitiointeligenciaa.wordpress.com/grados-de-libertad>).

Sinterización: ciclo térmico que consiste en calentar la pieza compactada durante un tiempo determinado a una temperatura inferior al punto de fusión del metal base. La temperatura elevada provoca la soldadura de las partículas de polvo entre sí y la difusión de los elementos aleantes, mediante un mecanismo de difusión en estado sólido. Se realiza en hornos continuos, a velocidad controlada, y en atmósfera con composición química controlada (<https://ames-sintering.com/es/proceso-de-sinterizado/#:~:text=SINTERIZACI%C3%93N,de%20fusi%C3%B3n%20del%20metal%20base>).

Turbina Kaplan: inventada en 1913 por el profesor austríaco Viktor Kaplan. Se trata de una turbina hidráulica que utiliza gradientes pequeños, hasta unas pocas decenas de metros, pero con grandes caudales. Este tipo de turbina hidráulica es una hélice, donde las palas pueden orientarse, ya que el flujo de agua varía. Esta regulación permite que el rendimiento se mantenga alto hasta caudales del 20-30 % del flujo nominal. Las turbinas Kaplan se utilizan en centrales hidroeléctricas con saltos de pequeña altura que tienen una presión del agua poco elevada.

Zircaloy: aleación de circonio con trazas de estaño, hierro, cromo y níquel utilizada normalmente en las vainas del combustible de reactores nucleares por sus excelentes propiedades mecánicas, su resistencia a la corrosión y su baja sección eficaz de absorción de neutrones.

Referencias bibliográficas

- Andrini, L. (27 de mayo de 2022). Autonomía tecnológica: merecido homenaje a Jorge Sábato. *Agencia Paco Urondo*. <https://www.agenciapacourondo.com.ar/ciencia-y-tecnologia/autonomia-tecnologica-merecido-homenaje-jorge-sabato>
- Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) (2005). 1904-2004 ADIMRA: 100 años de Historia. Buenos Aires.
- Cirimello, R. (2013). Tecnología de combustibles nucleares en la argentina: Roberto Cirimello, una historia de compromiso profesional. *Ciencia e Investigación Reseñas*, tomo I, (3). <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/Resenas/R-tomo1-3/4CirimelloceiRes-1-3.pdf>
- Colombo, S., Guglielminotti, C. y Vera, M. (2017). El desarrollo nuclear de Argentina y el régimen de no proliferación. *Perfiles Latinoamericanos*, 25(49), 1-21. <https://www.proquest.com/docview/1878777694>
- Comisión Nacional de Energía Atómica (30 de noviembre de 2021). CNEA y ADIMRA se unieron para contactar a nuevos proveedores para el Proyecto CAREM. *Argentina.gob.ar*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/cnea-y-adimra-se-unieron-para-contactar-nuevos-proveedores-para-el-proyecto-carem>
- De Dicco, R. (2013). *Breve historia de los reactores nucleares de investigación y producción de la CNEA*. Documento de trabajo del Departamento de Tecnología Nuclear del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICET).
- De Dicco, R., Deluchi, F. y Ferrer, J. (2015). *Argentina puesta a crítico. Resultados y desafíos del Plan Nuclear Argentino*. Planeta.
- Enríquez, S. (2012). Significación de la transferencia de Tecnología en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA): un análisis histórico-comparativo. *Fundamentos en Humanidades*. Universidad Nacional de San Luis, Año XIII, N.º II, 215-229.
- Tanarro Sanz, A. y Tanarro Onrubia, A. (2008). Diccionario-glosario inglés-español sobre tecnología nuclear (2da. Edición). Foro de la industria nuclear española. <https://www.foronuclear.org/recursos/publicaciones/diccionario-tecnologia-nuclear-ingles-espanol>

- Galvele, J. (2009). *Jorge A. Sábato, creador de la metalurgia en CNEA. ¿Cómo se hace para crear un laboratorio de excelencia?* Instituto de Tecnología Profesor Jorge A. Sábato, UNSAM-CNEA. <https://www.isabato.edu.ar/wp-content/uploads/2016/09/Sabato-Creador-de-la-Metalurgia-en-CNEA.pdf>
- Hurtado, D. (2014). *El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología y desarrollo nacional (1945-2006)*. Edhasa.
- Instituto de Tecnología Profesor Jorge A. Sábato. (1998). *Sábato en CNEA*. UNSAM-CNEA. <https://repositorio.esocite.la/472/1/UNSAM-CNEA1998-SabatoCNEA.pdf>
- Iramain, L. (2022). Aproximación a la historia del Estado empresario y las empresas públicas en la Argentina (1966-1976). *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 3(90). <https://publicaciones.inap.gob.ar/index.php/CUINAP/article/view/289>
- Noussan Lettry, R. y Pizarro Valle, A. (2020). *Internacionalización como estrategia de crecimiento*. <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=15485>
- Quilici, D. (2008). Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina. Visión desde las Centrales Nucleares. *H-Industri@*, 2(2).
- Observatorio de la Energía, Tecnología e Infraestructura para el Desarrollo (2014). *La importancia del Plan Nuclear para la industria metalúrgica nacional Entrevista a las autoridades de ADIMRA sobre la importancia de la reactivación del Plan Nuclear para la industria metalúrgica nacional*. <https://www.oetec.org/informes/nuclearadimra130814.pdf>
- Página 12 (6 de abril de 2021). IMPSA: Relanzamiento y estatización estratégica. <https://www.pagina12.com.ar/345926-imp-sa-relanzamiento-y-estatizacion-estrategica>
- Rivera, M. (2010). Jorge Alberto Sábato. Pensador y activista comprometido con la realidad. https://pensalatitec.iiec.unam.mx/sites/pensalatitec.iiec.unam.mx/files/2019-10/13%20Mar%C3%ADa%20del%20Carmen%20del%20Valle%20Rivera_removed.pdf
- Sábato, J. (1972). Reportaje para la Revista Ciencia Nueva. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 15.
- Sábato, J. (1973). Bases para un régimen de tecnología. *Revista Interpretación del Centro de Estudios de la Realidad Argentina (CERA)*, Año II, 12, octubre/noviembre, 8-21.

- Sábato, J. y Botana, N. (2011). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. En Sábato, J. (comp.). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Ediciones Biblioteca Nacional.
- Universidad Nacional de Hurlingham (16 de marzo de 2021). Se inauguró el Centro de Servicios de Tecnología Nuclear y Energías alternativas. Recuperado el 28 de septiembre de 2022 de <https://unahur.edu.ar/se-inauguro-el-centro-de-servicios-de-tecnologia-nuclear-y-energias-alternativas/>
- Wortman, O. (1996). Sábato y la industria argentina. En Instituto de Tecnología Sábato, *Sábato en CNEA*. Comisión Nacional de Energía Atómica-Universidad de San Martín.
- Zappino, J. (2021a). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo I. Algunos elementos conceptuales. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 2(75).
- Zappino, J. (2021b). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo II. El caso INVAP S.E. Parte 1. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 2(78).
- Zappino, J. (2021c). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo II. El caso INVAP S.E. Parte 2. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 2(79).
- Zappino, J. (2022a). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo III. Trabajo, tecnología y ciencia argentinos: el caso Nucleoeléctrica Argentina S.A. Parte 1. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 3(84).
- Zappino, J. (2022b). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo III. Trabajo, tecnología y ciencia argentinos: el caso Nucleoeléctrica Argentina S.A. Parte 2. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 3(85).
- Zappino, J. (2022c). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo IV. El ciclo del combustible nuclear argentino: los casos de Dioxitek S.A. y CONUAR S.A. Parte 1. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 3(93).
- Zappino, J. (2022d). Empresas públicas y mixtas, tecnología y desarrollo IV. El ciclo del combustible nuclear argentino: los casos de Dioxitek S.A. y CONUAR S.A. Parte 2. *Cuadernos del INAP (CUINAP)*, 3(94).

CUINAP | Argentina, Cuadernos del INAP

Año 3 - N.º 104 - 2022

Instituto Nacional de la Administración Pública

Av. Roque Sáenz Peña 511, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
CP: C1035AAA - Tel.: 6065-2310 – Correo electrónico: digecip@jefatura.gob.ar

ISSN 2683-9644

Editor responsable

Leandro Bottinelli

Coordinación editorial

Pablo Nemiña

Edición y corrección

Laura Scisciani

Arte de tapa

Roxana Pierri
Federico Cannone

Diseño y diagramación

Edwin Mac Donald

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autoras/es y no comprometen la posición oficial del INAP.

El INAP no asume responsabilidad por la continuidad o exactitud de los URL de páginas web externas o de terceros referidas en esta publicación y no garantiza que el contenido de esas páginas web sea, o continúe siendo, exacta o apropiada.



El uso del lenguaje inclusivo y no sexista implica un cambio cultural que se enmarca en un objetivo de la actual gestión de Gobierno y se sustenta en la normativa vigente en materia de género, diversidad y derechos humanos en la Argentina. En esta publicación se utilizan diferentes estrategias para no reproducir prejuicios y estereotipos que promuevan la desigualdad, la exclusión o la discriminación de colectivos, personas o grupos.

Los Cuadernos del INAP y su contenido se brindan bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina. Es posible copiar, comunicar y distribuir públicamente su contenido siempre que se cite a las/os autoras/es individuales y el nombre de esta publicación, así como la institución editorial. El contenido de los Cuadernos del INAP no puede utilizarse con fines comerciales.

Esta publicación se encuentra disponible en forma libre y gratuita en: publicaciones.inap.gob.ar

Noviembre 2022

Secretaría de
Gestión y Empleo Público



Jefatura de
Gabinete de Ministros
Argentina