

# **Producción de bienes conocimiento-intensivos en países subdesarrollados. Trayectoria socio-técnica de una empresa nuclear y espacial argentina.**

Hernán E. Thomas, Mariana Versino, Alberto Lalouf.

Cita:

Hernán E. Thomas, Mariana Versino, Alberto Lalouf (2004). *Producción de bienes conocimiento-intensivos en países subdesarrollados. Trayectoria socio-técnica de una empresa nuclear y espacial argentina. VI Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-045/34>

## **Producción de bienes conocimiento-intensivos en países subdesarrollados.**

### **Trayectoria socio-técnica de una empresa nuclear y espacial argentina.**

Hernán E. Thomas

Universidad Nacional de Luján/CONICET

thomas@netizen.com.ar

Mariana Versino

Programa de Doctorado, UNICAMP/Universidad Nacional de La Plata

versino@ige.unicamp.br

Alberto Lalouf

Programa de postgrado en Ciencia, Tecnología y Sociedad/Univ. Nac. de Quilmes

alalouf@unq.edu.ar

### **Resumen**

Es una afirmación de sentido común considerar que en los países periféricos la actividad tecnológica es escasa y con un bajo contenido innovador. Sin embargo, es hoy posible relevar información empírica acerca de la realización de una amplia variedad de operaciones de producción local de tecnologías.

El presente artículo se focaliza en el análisis de una experiencia puntual: los desarrollos tecnológicos de una firma semi-estatal argentina que ha generado capacidades en una diversidad de *targets* tecno-productivos: el diseño, desarrollo y construcción de reactores para investigación científica y producción de radioisótopos; producción de tecnología espacial (satélites y sistemas de observación); equipamiento y automatización industrial (plantas químicas, tratamiento de residuos industriales peligrosos).

En esta trayectoria tecnológica es posible registrar la presencia de un estilo socio-técnico de innovación basado en la difusión, extensión y *upgrading* de operaciones que, en trabajos anteriores, denominamos "resignificación de tecnologías" (RT). Las operaciones de RT implican la reutilización creativa de cierta tecnología previamente disponible. Las operaciones de RT se sitúan en la interfase entre las acciones sociales de desarrollo tecnológico y las trayectorias tecnológicas de concretos grupos sociales, en la 'tela sin costuras' de la dinámica socio-técnica.

El análisis de la trayectoria socio-técnica de esta firma local resulta de particular interés, pues posibilita, por una parte, comprender el ritmo, direccionamiento, consistencia, limitaciones y posibilidad de una trayectoria innovativa latinoamericana, y, por otra, permite observar el alcance de estas prácticas tecnológicas en un rango que viabiliza la participación competitiva de una firma mediana de un país subdesarrollado en mercados internacionales de bienes intensivos en conocimientos.

**Palabras clave:** trayectoria socio-técnica – estilo socio-técnico de innovación – resignificación de tecnologías –



## **Producción de bienes conocimiento-intensivos en países subdesarrollados.**

### **Trayectoria socio-técnica de una empresa nuclear y espacial argentina.**

Hernán E. Thomas

Universidad Nacional de Luján/CONICET

thomas@netizen.com.ar

Mariana Versino

Programa de Doctorado, UNICAMP/Universidad Nacional de La Plata

versino@ige.unicamp.br

Alberto Lalouf

Programa de postgrado en Ciencia, Tecnología y Sociedad/Univ. Nac. de Quilmes

alalouf@unq.edu.ar

#### **1. Introducción**

En general se considera que en los países periféricos la actividad tecnológica es escasa y con un bajo contenido innovador, sin embargo, hoy es posible relevar información empírica acerca de la realización -en la región- de una amplia variedad de operaciones tecnológicas, que presentan un diverso grado de creatividad tecnológica. Estas operaciones están presentes prácticamente en la totalidad de los estudios de caso y sectoriales locales. Esta forma de intervención tecnológica y su incidencia sobre la trayectoria tecnológica de las firmas permite explicar no sólo la adecuación de equipos importados a condiciones locales particulares de puesta en marcha y funcionamiento, sino la aparición de *nuevos* productos o procesos en la estructura productiva. El gradiente de innovación implicado no permite designar a algunas de estas operaciones como meros fenómenos de 'adaptación', 'rediseño', 'difusión' o 'transferencia mecánica'.

El presente artículo<sup>i</sup> se focaliza en el análisis de los desarrollos tecnológicos de la firma Investigación Aplicada - Sociedad del Estado (INVAP S.E.), una Sociedad del Estado que ha generado capacidades en una diversidad de *targets* tecno-productivos intensivos en conocimiento: diseño, desarrollo y construcción de reactores nucleares para investigación científica y producción de radioisótopos; producción de tecnología espacial; equipamiento y automatización industrial.

Las conceptualizaciones generadas en las matrices disciplinares de la economía de la innovación y la sociología constructivista de la tecnología presentan diversos problemas teórico-metodológicos para el análisis de fenómenos de producción de artefactos y conocimientos tecnológicos: limitación determinista *a priori*, dificultades para el análisis de procesos diacrónicos, inadecuación a contextos periféricos.

En el artículo se aplican las nociones de 'dinámica socio-técnica'<sup>ii</sup>, 'trayectoria socio-técnica'<sup>iii</sup>, 'estilo socio-técnico'<sup>iv</sup> y 'resignificación de tecnologías'<sup>v</sup> como herramientas analíticas orientadas a superar estos problemas.

La re-construcción de dinámicas y trayectorias socio-técnicas locales permite superar las limitaciones de enfoques que relacionan, de forma descriptiva y estática, a los 'fenómenos' con sus 'entornos'; y evitar, al mismo tiempo, la realización de 'saltos micro-macro' en el análisis. La operatoria, en este sentido, consiste en indagar de qué manera cada producción analizada se integra en su dinámica (general y sectorial) y trayectoria socio-técnica correspondiente.

El análisis de esta firma local, en términos de dinámica socio-técnica y formas de producción de conocimientos tecnológicos, resulta de particular interés. Por una parte, posibilita comprender el ritmo, direccionamiento, consistencia, limitaciones y viabilidad de una trayectoria de *upgrading* -de cambio tecnológico e innovación- en América latina. Por otra, permite observar el alcance de prácticas tecnológicas en un rango que -superando la adaptación de tecnologías maduras a las particulares condiciones locales- implica la aparición de una trayectoria socio-técnica diferenciada respecto de las empresas de los sectores en que se desempeña. Finalmente, permite visualizar cómo el desarrollo de tal trayectoria socio-técnica hizo posible la participación competitiva de una firma mediana de un país subdesarrollado en mercados internacionales de bienes conocimiento-intensivos.

## **2. Acerca del caso analizado**

INVAP S.E. no recibe aportes presupuestarios del Estado, dependiendo exclusivamente de la venta de servicios y equipamientos y la ejecución de contratos de locación de obra en Argentina y en el exterior. Su práctica empresarial es, en este sentido, equivalente a la de una firma

privada con fines de lucro.

La firma constituye un caso singular en América latina:

- desarrolla productos intensivos en conocimientos científicos y tecnológicos;
- es una firma viable, con una trayectoria de casi tres décadas;
- exporta tecnología incorporada y desincorporada a países subdesarrollados y desarrollados;
- ha conseguido ganar licitaciones internacionales, compitiendo con las empresas líderes en sus sectores de actividad de Estados Unidos, Alemania, Francia, Japón y Canadá.

El caso también resulta excepcional si se compara a escala internacional. La empresa opera simultáneamente en dos sectores de alta complejidad: construcción de reactores nucleares de experimentación y diseño y ensamblado de satélites artificiales. Un relevamiento exhaustivo permite afirmar que no existen en el mundo empresas dedicadas simultáneamente a estos dos rubros tecno-productivos conocimiento-intensivos<sup>vi</sup>.

Finalmente, la firma argentina también es caracterizable como excepcional en términos de su volumen de negocios en comparación con su competencia internacional. La empresa factura actualmente un promedio de 40 millones de dólares anuales. Las principales empresas del sector espacial muestran un volumen de negocios promedio muchísimo más alto que el de la firma argentina, en el área nuclear la comparación es similar.

### **3. Trayectoria socio-técnica de la firma**

El análisis de la trayectoria socio-técnica de la firma, puede dividirse en cuatro fases<sup>vii</sup>:

- **Fase I (1971/1976) Antecedentes: el Programa de Investigaciones Aplicadas**

En 1971, un grupo de investigadores del Centro Atómico Bariloche de la CNEA creó el Programa de Investigaciones Aplicadas (PIA). El principal objetivo del PIA era utilizar los conocimientos disponibles en la CNEA para contribuir al desarrollo de tecnologías para la industria local. En 1973 el PIA ocupaba aproximadamente a 24 profesionales y 15 técnicos.

Si bien esta fase es anterior a la constitución de la firma como empresa independiente, adquiere una importancia determinante en el desarrollo de su trayectoria socio-técnica.

Uno de los principales obstáculos registrados por los miembros del PIA para realizar sus actividades eran la complejidad burocrática y la dificultad para el establecimiento de contratos comerciales con terceros derivados del carácter público de la institución marco (la CNEA). Hacia fines de 1975, los integrantes del PIA consideraron conveniente constituirse en una empresa semi-pública, bajo la figura legal de Sociedad del Estado.

#### ▪ **Aprendizajes / Innovación**

A lo largo de esta fase, los principales aprendizajes consistieron en procesos de *learning by doing* (Arrow, 1962) en los que adquirieron capacidades en modelado matemático e integración de equipos sofisticados y el desarrollo de materiales cerámicos, de procesos químicos y de equipamiento mecánico *ad hoc*. En muchos casos los desarrollos consistieron en ingeniosas intervenciones realizadas mediante la aplicación de conocimiento científico disponible y soluciones ingenieriles.

Si bien, en líneas generales, la fase se caracterizó por la utilización de conocimientos y tecnologías disponibles, es posible registrar algunas innovaciones incrementales (adecuando procesos a las capacidades tecno-productivas locales) y una innovación mayor.

#### ▪ **Fase II (1976/1984) Conformación de la firma: contratista del Plan Nuclear argentino**

La firma INVAP S.E. fue constituida en 1976, a partir de un acuerdo entre la CNEA y la provincia de Río Negro, teniendo como objetivos centrales apoyar el Plan Nuclear argentino y crear fuentes de trabajo genuinas en la provincia. En sus inicios, la empresa puede ser descripta como la continuación del PIA, bajo una forma organizacional diferente; un 'desprendimiento' de la CNEA.

La mayor flexibilidad operacional y libertad contractual de la nueva figura legal, sumadas a los vínculos de confianza con la CNEA constituyeron ventajas clave en esta fase. La firma se encargó de aspectos secretos del Plan Nuclear argentino, en particular, del desarrollo de una planta industrial de enriquecimiento de uranio.

Si bien la firma se propuso continuar con la realización de ventas a los mismos clientes del PIA, a menos de dos años de su creación la empresa se encontró volcada por entero a los requerimientos de la CNEA, que absorbía la totalidad de la capacidad productiva de la empresa.

El desarrollo de la tecnología de enriquecimiento de uranio invistió a la firma de una imagen de 'secreto militar' y contribuyó a su aislamiento.

En 1978, la empresa inició su participación en la construcción de un reactor de investigación para el Centro Atómico Bariloche. Hacia 1980, INVAP S.E. fue contratada por la CNEA como proveedor de instrumentos para un proyecto de construcción de otro reactor similar, en Perú.

El ritmo de evolución fue sostenido a lo largo de todo el período. La disponibilidad de fondos - para desarrollos considerados estratégicos a escala nacional- permitió el rápido crecimiento de la estructura de la firma, así como de su planta funcional.

La ejecución de contratos sucesivos de complejidad creciente, fue consolidando en los profesionales de la empresa un 'espíritu de cuerpo' caracterizado por una fuerte auto-confianza en su capacidad para resolver desafíos tecno-productivos: "podemos hacerlo".

Hacia 1984, la crisis comenzó a afectar la continuidad del Plan Nuclear y la empresa sufrió cuestionamientos desde diversos frentes, en particular, en virtud de su participación en el desarrollo de tecnología de enriquecimiento de uranio (desde acusaciones de connivencia con la Dictadura Militar, pasando por conflictos inter-institucionales y disputas por el control de la firma, hasta temor al potencial desarrollo de bombas atómicas).

#### ▪ **Aprendizajes / Innovación**

Los aprendizajes tecnológicos de esta fase consistieron –en líneas generales- en una constante reproducción ampliada de las capacidades acumuladas inicialmente en el PIA. La magnitud de las obras implicó el aprendizaje de tecnologías de organización. La firma desarrolló formas de organización marcadamente idiosincrásicas y desarrolló capacidades de integración de procesos y sistemas.

Se registran nuevos aprendizajes en estrategia de negociación y relacionamiento político-institucional. Finalmente, es destacable el desarrollo de una capacidad singular en una empresa mediana de un país subdesarrollado: durante los cinco años que duró el proceso de construcción de la planta de enriquecimiento de uranio, se logró mantener en secreto la naturaleza del emprendimiento, incluso para la casi totalidad del personal de la firma.

Los desafíos tecnológicos relacionados con la producción de reactores, artefactos e insumos

para la investigación nuclear se superaron a partir del apoyo irrestricto de la CNEA. En los casos de la construcción de la planta piloto de esponja de circonio y del desarrollo de la tecnología y posterior montaje de la planta de enriquecimiento de uranio, las dificultades se superaron a partir del convencimiento de que todos los problemas estaban al alcance de los conocimientos del cuadro técnico gerencial de la empresa.

En todos los proyectos de esta etapa hay algún grado de innovación incremental. En el mayor de los proyectos -la planta de enriquecimiento de uranio- se realizó el desarrollo completo de las membranas cerámicas –insumo clave para el éxito del proceso- y se introdujeron mejoras en la eficiencia de los sellos de los compresores y el sistema de carga y descarga de fluoruro de uranio mediante sublimadores-condensadores. Es claro que la tecnología necesaria para el enriquecimiento ya había sido desarrollada en otros países, pero dado que este *know how* no tenía estado público, fue necesario re-reproducir el diseño completo del proceso.

Dado el carácter secreto del proyecto se desarrolló una estructura de proveedores tal que permitiese ocultar el destino final de los insumos. Se diseñaron equipos y sistemas *ad hoc*, y se debió recurrir a proveedores locales no especializados. Este procedimiento derivó en operaciones de transferencia de tecnología y generación de capacidades tecno-productivas.

#### ▪ **Fase III (1984/1991) Reorientación de objetivos: inserción en el mercado externo**

Finalizados los principales compromisos tecno-productivos hacia 1984, INVAP S.E. encaró una estrategia de aprovechamiento de las capacidades acumuladas. Dado que se fue desarticulando el Plan Nuclear argentino y disminuyó progresivamente el presupuesto de la CNEA, la empresa reorientó sus actividades en el área nuclear visualizando el mercado internacional como única alternativa. Basándose en la experiencia adquirida durante la instrumentación del reactor de investigación vendido por la CNEA a Perú, la firma promovió contactos con estados periféricos interesados en el desarrollo de actividades nucleares.

En 1984, INVAP concretó la venta de equipos para la fabricación de combustibles nucleares a la India y a Rumania y un horno continuo para sinterización de óxido de uranio a Turquía. Al año siguiente vendió un reactor nuclear de investigación y producción de radioisótopos y una planta de fabricación de elementos combustibles a Argelia (1985/89). En 1988, la empresa firmó

contratos con Cuba para la construcción de una planta de radioisótopos (inaugurada en 1995) y con Irán para la construcción de una planta de purificación y conversión de dióxido de uranio y otra de fabricación de elementos combustibles, contrato que no fue ejecutado en virtud del veto del gobierno argentino a la operación.

La gestión de la firma se complejizó, y se realizaron cambios en la estructura gerencial. De una estructura relativamente simple y centralizada (en muchos sentidos similar a una empresa familiar), a partir del '84 se generó una división administrativa y comercial más definida, que culminó, con la configuración de un modelo de gestión matricial.

INVAP S.E. encaró también la diversificación de su producción. Se inició la fabricación de equipamiento médico para cobaltoterapia del cáncer, de simulación de tratamientos de radioterapia y de instrumental y equipamientos complejos de investigación. En el área de equipamiento industrial y automatización, se vendieron equipos *tailor made* a empresas de Argentina, EE.UU. y Corea.

Entre 1983 y 1986, se implementó una estrategia de tercerización (ofensiva) a través de la creación de empresas integradas por ex-empleados que se constituyeron, con el apoyo de la firma, a partir de las unidades funcionales generadas para los grandes proyectos de la fase anterior. La sobrevivencia de estas empresas fue, en general, corta.

A partir del año 1988, la profundización de los planes de ajuste gubernamentales comenzó a afectar abiertamente la viabilidad de la empresa. La firma, había continuado la expansión de su planta de personal, pasando de 605 empleados en 1984 a 1.059 en 1988 –año en que se discontinuó la operación de la planta de enriquecimiento de uranio. Se realizó en ese momento una fuerte reestructuración, la empresa se circunscribió a la gestión central de los proyectos. Se inició una política de reducción del personal, en virtud de la cual quedaron 329 profesionales y técnicos en 1992.

Más allá de los otros contratos firmados durante el período, las negociaciones con Irán eran percibidas como una tabla de salvación. La inhibición de realizar la exportación colocó a la firma en una profunda crisis financiera.

- **Aprendizajes / Innovación**

Durante esta fase se pusieron en juego los saberes acumulados a lo largo de la trayectoria previa de la firma. Aumentaron las capacidades de integración de procesos complejos.

Frente a la trayectoria previa, basada fundamentalmente en la producción de insumos *in house* y proveedores locales, en los nuevos emprendimientos se desarrolló una red de proveedores internacionales. Se produjo un dinámico proceso de *learning by buying*.

También se adquirieron nuevas capacidades de negociación de contratos internacionales, de participación en licitaciones y de organización de operaciones en el extranjero.

En lo que refiere al equipamiento médico, se produjeron algunas innovaciones vía *retrofitting*, incorporando sistemas automatizados para el control del desplazamiento de las camillas y cabezales de los equipos de radioterapia.

En 1988, como resultado de una inspección de la National Aeronautics and Space Administration a los laboratorios de la firma, la empresa recibió una certificación de calidad que la acreditaba para desarrollar tareas de diseño y montaje en proyectos espaciales.

▪ **Fase IV (1991 hasta la actualidad – 2004) Consolidación y diversificación: apertura del Area Espacial**

Hacia 1991, INVAP S.E. se encontraba en una profunda crisis económico-financiera. La CNEA no cumplió con los plazos acordados para el pago de sus contratos y esto causó mayores costos financieros. La inhibición para realizar exportaciones de tecnología nuclear a Irán provocó la pérdida del mejor contrato que tenía la firma en ese momento.

Al inicio de esta etapa finalizó la reestructuración de la empresa, en 1993 la planta de profesionales y técnicos se redujo a una dotación crítica de 323 personas.

Complementariamente, a inicios de este periodo la empresa encaró una segunda operación de tercerización (defensiva). A diferencia del caso anterior, estas empresas se encontraban más estrechamente vinculadas a la firma. Sin embargo, el destino de estos emprendimientos fue semejante a los de la tentativa previa: la única empresa que sobrevivió fue mayoritariamente recomprada por la empresa matriz.

En 1992, la empresa ganó una licitación internacional para la construcción de un reactor nuclear multipropósito para la agencia nuclear de Egipto (1992/98). Esta operación posibilitó la

superación de la crisis. Al mismo tiempo, se concretó la venta llave en mano de una planta de elementos combustibles a Argelia, terminada en 1999.

En 1999, se firmaron nuevos contratos con Egipto. En el año 2000, INVAP ganó una licitación internacional para la construcción de un reactor nuclear en Australia –la primera venta de un reactor a un país industrializado.

Al inicio de la fase se produjo una apertura radical del *output* de la firma. Luego de una extensa trayectoria basada en el desarrollo y comercialización de tecnología nuclear (y derivados), a inicios de los '90 la empresa encaró también proyectos de sistemas satelitales. Al evaluar alternativas, la empresa decidió desarrollar el proyecto en forma integral: desde el planteo de la misión hasta su control en órbita, pasando por las diversas fases de diseño e ingeniería, construcción y montaje, ensayos finales del satélite terminado y supervisión del acoplamiento al vector de lanzamiento. Esta estrategia de desarrollo integral del satélite se diferencia de la adoptada en otros programas iniciados en los '90, por una parte, y por países que no disponen de lanzadores propios.

El disparador fundamental de la apertura de esta línea productiva fue la percepción por parte de la firma no sólo del agotamiento del Plan Nuclear argentino, sino también del decaimiento del mercado nuclear internacional. Coincidentemente, a principios de los '90, una vez discontinuado el proyecto de desarrollo de misiles de la Fuerza Aérea Argentina, el proyecto espacial civil argentino recibió un fuerte impulso. La empresa se reposicionó nuevamente como proveedora del estado nacional en otro sector de alta tecnología, para el cual no existían proveedores locales.

Profundizando esta estrategia, recientemente la empresa ha comenzado a participar en el mercado internacional de satélites de investigación, superando la condición de proveedor del programa aeroespacial nacional. En el marco de un convenio de cooperación entre las agencias espaciales de Argentina y Argelia, la firma será la encargada de la construcción de un satélite mediano de observación terrestre.

En la actualidad, la empresa emplea –en relación contractual directa- a alrededor de 450 personas, siendo el 80 % profesionales (científicos, ingenieros) y técnicos altamente calificados.

Sumando a las empresas asociadas, contratistas y proveedores (que componen una red de vínculos empresariales estrechos) ocupa a unas 550 personas.

#### ▪ **Aprendizajes / Innovación**

Durante el período, INVAP S.E. continuó desarrollando y complejizando su red internacional de proveedores, profundizando su dinámica de *learning by buying*. Disminuyó relativamente la integración de insumos producidos *in house* y aprovechó los precios diferenciales de empresas especializadas del antiguo bloque socialista.

La producción de reactores de experimentación fue realizada sobre la base de una dotación tecnológica relativamente estandarizada, que podría ser definida como 'tecnología madura'. Sin embargo, en el diseño de nuevos reactores, normalmente, se incorporaron sistemas que adecuan los dispositivos de observación a los requerimientos de los clientes/usuarios. Por otra parte, se incorporaron nuevas soluciones a los diferentes sistemas de operación, dando lugar a diversas innovaciones menores.

La apertura de la línea de producción del Area Espacial implicó un nuevo desafío tecnológico. Frente a la necesidad de incorporar los conocimientos pertinentes, la empresa destinó a parte del personal al relevamiento y análisis de información de acceso público. Por otra parte, se aprovecharon conocimientos acumulados previamente para la construcción de reactores. En el área de montaje de los satélites se adaptó parte de la infraestructura edilicia existente para que cumpliera la función de un cuarto limpio de ensamblado. Si bien se contaba con la supervisión de la CONAE y la NASA, el convenio de cooperación con la agencia norteamericana no implicaba transferencia de tecnología, de modo tal que gran parte de los conocimientos necesarios para enfrentar estos desafíos tecnológicos fueron desarrollados por la firma.

#### **4. Análisis del estilo socio-técnico de la firma**

A continuación se consignan, sintéticamente, algunas de los principales elementos que caracterizan el estilo socio-técnico de INVAP S.E.

#### ▪ **trayectoria evolutiva de productos y procesos**

La firma ha desarrollado una trayectoria evolutiva sostenida de *upgrading* reflejada en tres niveles de acumulación de capacidades; el dominio de los conocimientos necesarios para

gerenciar proyectos complejos, la diversificación de la producción y el aumento de la intensidad de conocimiento científico-técnico incorporado a los productos.

A través de la ejecución de los sucesivos contratos del área nuclear, la firma fue adquiriendo una creciente capacidad en el gerenciamiento de proyectos complejos. Esta característica fue determinante en la trayectoria de la empresa, ya que alimentó la certeza de sus directivos en las propias capacidades técnico-organizativas para llevar adelante desafíos de distinto tipo.

Las capacidades acumuladas se muestran también en la diversificación de productos a lo largo de su historia. El trabajo más importante de la firma durante la Fase II, el diseño y construcción de una planta de enriquecimiento de uranio, fue desarrollado íntegramente por su personal. A través de la búsqueda en la literatura especializada, los integrantes de la firma accedieron a los principios teóricos básicos del proceso y realizaron un extenso trabajo de experimentación para la obtención de los diferentes materiales y la fabricación de los componentes de la planta. Dada la naturaleza secreta del proyecto y las condiciones internacionales restrictivas respecto de la proliferación nuclear no fue posible obtener la información en el mercado, con lo cual el dominio de los desarrollos obtenidos fue total.

La dinámica acumulativa se manifiesta también en la creciente intensidad del contenido científico-técnico de los productos generados. La participación de INVAP S.E. en la construcción de reactores de investigación comenzó en la Fase II, cuando proveyó la instrumentación para un reactor construido por la CNEA en la Argentina. Luego, fabricó las barras de control, los mecanismos de barra, la consola de comando y la instrumentación del reactor que la CNEA montó en Perú. En la siguiente Fase, la firma presentó una oferta por un reactor completo ante la agencia nuclear de Argelia, obteniendo el contrato. Más tarde la firma participó en licitaciones internacionales para la construcción de reactores de investigación en Egipto (1990) Tailandia (1993) y Australia (1998), obteniendo los contratos de los reactores egipcio y australiano.

La acumulación de capacidades organizacionales y tecno-productivas generada durante las Fases I a III permitió, a inicios de la Fase IV, la apertura de una nueva línea de producción en un sector altamente diferenciado respecto de la tradición previa: el sector aeroespacial. La experiencia adquirida en diversas áreas tecnológicas permitió desarrollar un producto totalmente

novedoso, en términos de su propia trayectoria socio-técnica, y altamente intensivo en conocimiento científico tecnológico sin implicar incorporación de nuevo personal especializado. En otros términos, la adquisición de capacidades de gerenciamiento de proyectos complejos y el aumento de la intensidad de conocimiento científico-técnico resultó funcional al desarrollo de la capacidad de diversificación de la producción.

#### ▪ **resignificación de tecnologías**

La forma de intervención tecnológica de INVAP S.E. se caracteriza por una aplicación intensiva de operaciones de RT. Esto posibilita el despliegue de una dinámica de ‘aprendizajes cruzados’: lo que se aprende en un campo es aplicado posteriormente en otro. Es más, en la raíz de la forma de generar innovaciones se encuentra la práctica de RT.

En el caso particular del desarrollo del proyecto satelital, los responsables consideraron que la producción de satélites no se diferenciaba sustancialmente de la de reactores nucleares: responden a ‘los mismos’ parámetros de seguridad, similares niveles de calidad, y rutinas y prácticas de seguimiento de *blue prints*. Para ellos, la capacidad acumulada previamente fue ‘suficiente’ para el nuevo desafío productivo.

Las aplicaciones de esta práctica en términos de ‘economías de escala’ fueron múltiples, tanto en el plano de la resignificación de conocimientos como en la reutilización de artefactos, al tiempo que posibilitó maximizar el aprovechamiento de la infraestructura disponible.

INVAP S.E. incorporó el Area Espacial en el marco de su estructura tecno-productiva preexistente sin grandes inversiones adicionales. Se continuaron utilizando -prácticamente- las mismas instalaciones y equipamientos, sobre los que se realizaron adaptaciones (y algunas operaciones de *technology blending*) para cumplir con los objetivos del nuevo proyecto. En tanto la mayor parte de las empresas del sector espacial ha surgido a partir de la creación de una división especializada dentro de firmas históricamente dedicadas a la producción aeronáutica (y en menor medida, de la creación de firmas independientes), en el caso analizado, la diferenciación del Area Espacial (en términos edilicios, de equipamiento, de *layout*, de personal) sólo es distinguible en términos funcionales. La RT -y la flexibilidad tecno-productiva que ésta implica- permite comprender, al menos en parte, tanto la diferente conformación institucional de

la firma respecto de su competencia sectorial como su excepcionalidad a escala internacional.

- **reutilización de capacidades**

También es posible percibir la resignificación en el plano de los actores. Uno de los responsables del Area Espacial, por ejemplo, tuvo originalmente una formación disciplinar como físico teórico. Posteriormente participó en el proyecto de desarrollo de la planta de uranio enriquecido. Luego formó parte del equipo de diseño de reactores de experimentación y más tarde fue asignado al Area Espacial. De los diferentes responsables de tareas del Area, sólo uno había tenido experiencia previa en este terreno.

Es de notar la flexibilidad del personal de I+D de la empresa para asumir diferentes funciones técnicas de manera simultánea. Normalmente, las firmas dedicadas al rubro aeroespacial son empresas (o divisiones de grandes empresas) hiper-especializadas, con una dotación de personal calificado en términos disciplinares. INVAP S.E., sin embargo, no tomó nuevo personal técnico para los proyectos, sino que reasignó funciones entre sus investigadores e ingenieros disponibles. Lejos de aferrarse a especialidades discretas, la mayoría de los profesionales expresa con orgullo la multiplicidad de tareas desarrolladas en diferentes proyectos a lo largo de su historia en la empresa.

Esta división técnica del trabajo por 'especialización flexible' viabilizó la práctica de diversificación de productos a un costo relativamente bajo en términos de contratación de personal de alta calificación. Esta flexibilidad tiene su correlato en una política de recursos humanos conservadora. De hecho, INVAP S.E. presenta una bajísima tasa de rotación del personal: la antigüedad promedio es de 12 años, y la edad promedio es de 43 años. El cuerpo de gerentes de área, en particular, integra la firma desde su conformación.

- **utilización de *conocimientos genéricos*** <sup>viii</sup>

Para diseñar y producir artefactos y sistemas, los científicos e ingenieros de INVAP S.E. pusieron en práctica una serie de conocimientos genéricos. Estos procesos cognitivos pueden explicarse por dos vías: a) la extensión de conceptos de un campo de conocimientos tecnológicos a otro, o b) la aplicación de conocimientos básicos a más de un campo de aplicación. Esto parece haber sido posible por dos motivos: la existencia de una trayectoria de

acumulación de capacidades y el despliegue de un estilo socio-técnico basado en operaciones de RT. En la base de esta dinámica se encuentra la práctica de lectura de *papers* orientada, fundamentalmente por la búsqueda de soluciones tecnológicas adecuadas.

- **régimen de producción de conocimientos**

La actividad de producción de conocimientos en INVAP S.E. se caracteriza por la presencia dominante de un *régimen transversal* (Shinn, 2000:4-6), en el que las diferentes disciplinas y formaciones originarias de científicos e ingenieros se flexibilizaron, desdibujaron y subordinaron a un objetivo tecno-productivo concreto.

Si bien esto podría explicarse en parte por la propia naturaleza del conocimiento en el área inicial de actuación de la firma, la nuclear, es la propia dinámica de trabajo de la firma lo que induce la superación de las fronteras disciplinarias. Los actores entrevistados coincidieron en señalar la incompatibilidad de sus funciones con el mantenimiento de las especializaciones disciplinares como áreas de competencia excluyentes en la división técnica del trabajo.

- **dinámica *problem solver* y generación de soluciones no estandarizadas**

La producción de la empresa está orientada, en general, por desarrollos de tecnología de producto, en series muy reducidas o de ejemplar único, en una dinámica *problem solver* directamente vinculada con la presencia de un régimen transversal de conocimientos.

Las funciones de *searching* y *exploring* de conocimientos científicos y tecnológicos están destinadas al relevamiento de conocimiento útil –en tiempo acotado- pertinente para el desarrollo y mejora de los componentes de equipos y sistemas generados por la firma.

Tal vez uno de los aspectos más destacables de esta operatoria es lo que uno de los responsables del Area Espacial denominó ‘manejo organizado de incertidumbre’. INVAP S.E. generó la capacidad de organizar equipos de trabajo en temas nuevos, para atacar problemas que desconocía. Detrás de esta capacidad clave se encuentra una tradición de análisis tecnológico afirmada en una trayectoria de realización de prototipos y producción de ejemplares únicos, diferenciada de la acumulación propia de la producción a escala.

- **producción *in-house* vs. *outsourcing***

A lo largo de la segunda fase de la trayectoria socio-técnica, INVAP S.E. basaba su producción

en desarrollos *in house*, por una parte, obligada por el carácter secreto del destino de los productos, por otra, condicionada por una racionalidad autonomista vinculada a una ideología 'anti-dependentista' <sup>ix</sup>.

La firma privilegió la compra de insumos nacionales. En múltiples ocasiones, esto dio lugar a acciones de asesoramiento y transferencia de tecnología, orientadas al desarrollo de proveedores locales. En particular, se privilegiaron las compras a empresas satélite, generadas durante las dos fases de tercerización.

Esta práctica sólo fue cuestionada en la Fase IV. En la búsqueda de economías de integración, la empresa replanteó su estrategia tecno-productiva, integrando una red internacional de proveedores especializados. A la vez, el desarrollo de alianzas estratégicas que podrían significar la apertura de nuevos mercados y el desarrollo de *joint ventures* motivó la preferencia por la integración de equipamiento de proveedores reconocidos.

De todos modos, es necesario tener en cuenta que las prácticas de RT tienden a reducir las adquisiciones de equipamiento. La incorporación de nuevo equipamiento para el desarrollo del Area Espacial fue relativamente reducida. Gran parte de los equipos necesarios para la construcción y ensamblaje –así como el resto de los componentes- fue producida *in house*. Para el montaje de los satélites se utilizó el mismo *cuarto limpio* empleado para el montaje preliminar de los sistemas y salas de control de los reactores nucleares de experimentación.

Más allá de la relevancia de la estrategia de *outsourcing* durante la última fase, en muchos de los integrantes más antiguos de la firma, persiste la tendencia a proponer la realización de soluciones *in house*.

#### ▪ **¿diversificación vs. especialización?**

La empresa ha desarrollado a lo largo de su historia un extenso abanico de ofertas: desde el asesoramiento tecnológico a la entrega de plantas 'llave en mano'. Esto implica la capacidad de realización de un extenso rango de actividades: estudio de factibilidad, desarrollo, diseño, ingeniería de proyecto, abastecimiento, construcción, montaje, puesta en marcha, operación y servicios post-venta. La apertura del abanico de productos de la firma responde a una trayectoria acumulativa de capacidades tecnológicas, donde los aprendizajes realizados en cada uno de los

desarrollos particulares dieron lugar a una serie de subproductos que la empresa intentó colocar en el mercado.

Aún la producción realizada durante la Fase II, en la que la firma se dedica a un número acotado de proyectos para un único cliente, dista mucho de poder ser calificada como especializada.

Dada la naturaleza de los desarrollos realizados, se requirieron soluciones tecnológicas de muy diversa índole (desde la instrumentación de un reactor al diseño de un proceso químico para producir tetracloruro de circonio).

A pesar de parecer una empresa excepcional en el ámbito tecno-productivo argentino, INVAP S.E. responde a una lógica particular de desarrollo tecno-productivo local. A partir de los años '30, cuando se inició la industrialización por sustitución de importaciones, se produjo en el país un proceso histórico de aparición, extensión, dominancia relativa (hasta mediados de los '70) de un estilo socio-técnico basado en la difusión, y el *upgrading* de operaciones de RT (desde talleres de reparación hasta producción de computadoras personales). En este sentido, la firma analizada, lejos de ser una excepción, constituye una de las muestras más acabadas de esa lógica de desarrollo <sup>x</sup>.

#### ▪ **desarrollos *tailor made***

Los miembros del cuerpo gerencial de la firma destacan recurrentemente que INVAP S.E. se orienta a la producción de tecnologías 'a la medida del cliente'. La naturaleza de los productos desarrollados (en particular, reactores de experimentación y sistemas satelitales) torna necesario este tipo de desarrollo *tailor made*, dado que se de la ejecución de proyectos de alta complejidad, intensivos en conocimiento.

El desarrollo de esta práctica ha derivado en una ventaja competitiva. La adecuación de los artefactos producidos a demandas puntuales de los clientes constituye para la firma una de las herramientas más importantes utilizadas frente a sus competidores de mayor tamaño, que por tener trayectoria más extendida en el sector y una organización concebida para la producción en serie, ofrecen productos relativamente más estandarizados.

#### ▪ **relaciones usuario/productor y productor/proveedor<sup>xi</sup>**

La forma de vinculación con los clientes y el papel de los usuarios en la configuración de los

conocimientos, artefactos y sistemas generados por la firma constituye un aspecto clave a lo largo de toda su trayectoria.

En el caso del desarrollo de reactores de experimentación, la participación de los futuros usuarios es una operación clave en el diseño del equipamiento y la definición de los parámetros de prestaciones. Tanto en el caso del reactor egipcio como en el proceso licitatorio australiano es posible registrar una intensa actividad correlativa de intercambio de mensajes y rediseño de ingeniería de producto.

El contrato del reactor para Egipto dio lugar, por otra parte, a la realización de cursos de entrenamiento de personal egipcio e incorporación de algunos de ellos en los grupos argentinos, para participar en el desarrollo. Esto fue considerado parte del proceso de 'transferencia de tecnología' al cliente, y uno de los principales argumentos de venta en el caso de clientes más 'subdesarrollados'. Según los responsables de ese proyecto, este intercambio permitió no sólo determinar los parámetros y prestaciones fundamentales, sino calificar al propio usuario a fin de que pudiera definir sus necesidades y demandas con mayor precisión. Este proceso interactivo resultó diferente en el caso australiano, si bien los potenciales usuarios presentaban demandas más definidas (apareciendo *a priori*, como más calificados), revelaron a lo largo del proceso licitatorio que desconocían algunas limitaciones y potencialidades de las alternativas tecnológicas disponibles.

Esta forma de *learning by interacting* constituye, de hecho, una ventaja competitiva. Uno de los aspectos que, según los miembros de la empresa, definió la licitación a su favor, fue su flexibilidad para adecuarse a las demandas del cliente y su permeabilidad a sugerencias y especificaciones incrementales. Además, dado el tipo de productos comercializados, la interacción usuario productor tiende a minimizar el riesgo de insatisfacción del cliente/usuario. La interacción con los proveedores participa de la misma lógica de aprendizaje por interacción, tanto en lo que refiere a la vinculación con las empresas satélite de la firma como en la generación de proveedores locales, o, aún, en procesos en los que se combinan aprendizajes por interacción con *learning by buying*.

## 5. Consideraciones finales

En la dinámica socio-técnica de la firma analizada se combinan sinérgicamente la capacidad de RT con el régimen transversal de producción de conocimientos. De hecho, si fuera necesario definir sintéticamente en qué consisten las mejores capacidades tecno-productivas de la firma, deberían destacarse tres aspectos complementarios: tecnología de sistemas, ingeniería de sistemas complejos, capacidad de combinatoria de conocimientos disponibles. Y, sumado a esto, una cierta audacia –avalada por la trayectoria socio-técnica desplegada a lo largo de tres décadas de experiencia acumulada en proyectos de alta complejidad- a la hora de encarar nuevos desafíos productivos, y signada por la necesidad de supervivencia: “todo se puede hacer” es una frase citada por la mayoría de los entrevistados, con convicción ideológica.

La reutilización de conocimientos, equipamientos y *skills* viabiliza la realización de una estrategia de mercado donde ningún desafío tecno-productivo es considerado, *a priori*, imposible. Los proyectos son tratados como problemas pasibles de múltiples soluciones. Su realización se resuelve en la construcción de soluciones adecuadas en una ecuación que combina las capacidades propias, la disponibilidad de tecnología y los requerimientos del cliente/usuario. Esta forma de encarar la producción es particularmente adecuada a la escala de mono-productos *tailor made*, al tamaño de la firma y la manera en que la empresa se vincula con proveedores y clientes. Así, la dinámica cognitiva interactúa sinérgicamente con la orientación de las diferentes demandas de los usuarios.

La propiedad intelectual de los conocimientos desempeñó un papel relativamente secundario en la trayectoria de la firma, tanto en el plano de la generación de innovaciones (la empresa ha registrado un número relativamente limitado de patentes) como en el de los insumos de conocimiento utilizados (por diversas vías, la empresa detecta y produce los conocimientos necesarios sin necesidad de realizar erogaciones en licencias y *royalties*). El uso de conocimientos genéricos, de libre disponibilidad, y la habilidad para transformarlos en específicos mediante prácticas de RT constituyeron un recurso fundamental en este sentido. Lejos de la acumulación de un *stock* de conocimientos generado en virtud de una lógica ofertista lineal *science push* -al estilo de las principales instituciones públicas de I+D de la región<sup>xii</sup>-, pero,

al mismo tiempo, también alejada de una simple operatoria *demand pull*, del análisis de la trayectoria de la firma se desprende una compleja dinámica socio-técnica, en la que las capacidades de interacción –inter e intra-institucional- y de integración de conocimientos viabilizaron la participación competitiva de una empresa mediana de un país subdesarrollado en mercados internacionales de bienes conocimiento-intensivos.

Es de notar que el caso analizado no revela, simplemente, una virtuosa acumulación de conocimientos intra-firma, sino fundamentalmente, una forma flexible de organización y circulación de saberes que resulta adecuada (y adaptable) a las diferentes situaciones por las que atravesó la empresa a lo largo de su trayectoria.

Tal vez el producto más interesante de INVAP S.E. sea la viabilidad de la propia empresa a lo largo de tres décadas en el problemático e inestable escenario político-económico local, caracterizado por la frecuencia y diversidad de situaciones de crisis estructural: de la hiperinflación al *default*, del proteccionismo a la absoluta desregulación, de la planificación nacional al ajuste presupuestario. Cuando miles de emprendimientos empresariales desaparecieron –y, aún, cuando muchas empresas transnacionales se retiraron del mercado argentino- la empresa no sólo continuó funcionando, sino que profundizó su proceso de aprendizaje y *upgrading* de productos.

Si bien es posible considerar que la empresa se originó al amparo de la estructura de I+D del estado argentino y la implementación del Plan Nuclear nacional, su trayectoria socio-técnica está lejos de responder mecánicamente a las políticas públicas de Ciencia y Tecnología nacionales<sup>xiii</sup>.

Si en las fases I y II podría ser considerada como un contratista –prácticamente exclusivo- del estado en el mercado local, a partir de los '80 se transformó progresivamente en un participante competitivo en mercados internacionales, al tiempo que un participante independiente en los mercados locales.

Significativamente, la existencia de factores considerados normalmente desfavorables para el desarrollo de firmas competitivas conocimiento-intensivas (inestabilidad macroeconómica, discontinuidad político-institucional, escasez de crédito, escala reducida de la producción, inexistencia de redes tecno-productivas locales, condición periférica del país de radicación)

tuvieron, en diferentes oportunidades, incidencia positiva en la trayectoria socio-técnica de la empresa. En un proceso no-lineal, la secuencia *acumulación de capacidades/crisis estructurales* generó una trayectoria de alta adecuación socio-técnica, tanto en lo que refiere a la conformación de sus tecnologías de producto, proceso y organización como a las condiciones de *market share* y posicionamiento de la firma.

Producir y exportar bienes conocimiento-intensivos en países subdesarrollados es viable, pero no del modo lineal (*science push* o *demand pull*) en que normalmente se conciben las políticas de Ciencia y Tecnología en países periféricos. Lejos de la excepcionalidad o el simple resultado del azar, el caso INVAP S.E. permite no sólo encontrar explicaciones de su singularidad, sino aportar elementos de análisis, útiles para la crítica de las políticas públicas de I+D y el diseño - socio-técnicamente adecuado- de políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación.

### Referencias bibliográficas

- Adler, E. (1987), *The Power of Ideology – The Quest for Technological Autonomy in Argentina and Brazil*. The University of California Press, Berkeley.
- Arrow, K. J. (1962), “The Economic Implications of Learning by Doing”. *Review of Economic Studies*, Vol XXIX, N° 80.
- Bijker, W. (1995), *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts; Londres.
- Dagnino, R. y Thomas, H. (1999), “Latin American Science and Technology Policy: new scenarios and the research community”. *Science, Technology and Society*, Vol. 4, N° 1, pp. 35-54.
- Dagnino, R. y Thomas, H. (2002), “Planejamento e Políticas Públicas de Inovação: Em direção a um marco de referência latino-americano”. *Planejamento e Políticas Públicas – PPP-IPEA*, Brasília, N° 23, pp.205-232.
- Hughes, T.P. (1983), *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore y Londres.
- Hughes, T.P. (1987), “The Evolution of Large Technological Systems”. En Bijker, W. et al (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, The MIT Press, Cambridge.
- Lundvall, B.-Å. (1985), *Product innovation and user-producer interaction*. Aalborg University Press, Aalborg.
- Lundvall, B.-Å. (1988), “Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation”. En Dosi, G. et al (eds.): *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, Londres.

Shinn, T. (2000), "Formes de divisions du travail scientifique et convergences cognitives. La recherche technico-instrumentale contre la 'nouvelle orthodoxie' en Sociologie des Sciences", *XVI<sup>e</sup> Colloque International de la AISLF*, Québec.

Thomas, H. (1995), *Surdesarrollo. Producción de tecnología en países subdesarrollados*. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.

Thomas, H. (1999), "Dinâmicas de inovação na Argentina (1970-1995): Abertura comercial, crise sistémica e rearticulação", Tesis de Doctorado, Universidad Estadual de Campinas.

Thomas, H. (2001), "Estilos socio-técnicos de innovación periférica. La dinámica del SNI argentino, 1970-2000". *IX Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica: Innovación Tecnológica en la Economía del Conocimiento*, CD, San José de Costa Rica.

Von Hippel, E. (1976), "The Dominant Role of Users in the Scientific Instruments Innovation Process". *Research Policy*, N° 5.

---

<sup>i</sup> El contenido del presente artículo consigna parte de los resultados del proyecto de investigación: "Investigación científica y contexto institucional: la apropiación social del conocimiento como dimensión estratégica" financiada con fondos aportados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y la Fundación Antorchas. Los autores agradecemos el asesoramiento del Dr. Tomás Buch y el Ing. Eduardo Santos para la realización de este artículo. Más allá de la atenta lectura y revisión, es pertinente aclarar que no les cabe responsabilidad alguna por los errores que se pudieran haber cometido en la redacción del mismo. Agradecemos profundamente también a todos aquellos profesionales de la empresa que respondieron gentilmente a las extensas entrevistas realizadas.

<sup>ii</sup> Una *dinámica socio-técnica* es un conjunto de patrones de interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores. Este concepto sistémico sincrónico permite insertar una forma determinada de cambio socio-técnico en un mapa de interacciones (Thomas, 1999; 2001). Incluye un conjunto de relaciones tecno-económicas y socio-políticas vinculadas al cambio tecnológico, en el nivel de análisis de un 'ensamble sociotécnico' (Wiebe Bijker), un gran sistema tecnológico (Thomas Hughes), una red tecno-económica (Michel Callon) o, aún, aunque en este caso sería necesario considerar diferencias conceptuales, un sistema nacional o local de innovación (Richard Nelson, Bengt-Åke Lundvall).

<sup>iii</sup> Una *trayectoria socio-técnica* es un proceso de co-evolución de productos, procesos productivos y organizaciones, e instituciones, relaciones usuario-productor, relaciones problema-solución, procesos de construcción de 'funcionamiento' de una tecnología, racionalidades, políticas y estrategias de un actor (firma, institución de I+D, universidades, etc.), o, asimismo, de un *technological frame* (Bijker, 1995) determinado (tecnología nuclear, siderurgia, etc.) o una *sociotechnical constituency* (Molina, 1989). Tomando como punto de partida un elemento socio-técnico en particular este concepto –de naturaleza eminentemente diacrónica– permite ordenar relaciones causales entre elementos heterogéneos en secuencias temporales.

Las dinámicas socio-técnicas son más abarcativas que las trayectorias: cada trayectoria socio-técnica se desenvuelve en el seno de una o diversas dinámicas socio-técnicas y resulta incomprensible fuera de ellas.

<sup>iv</sup> El concepto *estilo socio-técnico* deriva del de *estilo tecnológico* de Hughes (1983), y puede definirse como una forma relativamente estabilizada de producir tecnología y de construir su 'funcionamiento' y 'utilidad'. En tanto herramienta heurística, permite realizar descripciones enmarcadas en la concepción constructivista de las dinámicas y trayectorias socio-técnicas. Supone complejos procesos de adecuación de respuestas tecnológicas a concretas y particulares articulaciones socio-técnicas históricamente situadas: "la adaptación al entorno culmina en estilo" (Hughes, 1987:68). Un estilo socio-técnico se conforma en el interjuego de elementos heterogéneos: relaciones usuario-productor, sistema de premios y castigos, distribución de prestigio, condiciones geográficas, experiencias históricas regionales y nacionales, etc.

<sup>v</sup> Las operaciones de *resignificación de tecnologías* (RT) implican la reutilización creativa de cierta tecnología previamente disponible. Las operaciones de RT no son meras alteraciones 'mecánicas' de una tecnología, sino una reasignación de sentido de esa tecnología y de su medio de aplicación. Resignificar tecnologías es refuncionalizar conocimientos, artefactos y sistemas. El conocimiento requerido es –en muchos casos– de la misma índole que el que exige, la fabricación de la maquinaria original, y es similar en sus condiciones y características a la actividad de diseño básico.

Las operaciones de RT se sitúan en la interfase entre las acciones sociales de desarrollo tecnológico y las trayectorias tecnológicas de concretos grupos sociales, en el 'seamless web' de la dinámica socio-técnica: ese estilo

---

tecnológico sólo es realizable dadas ciertas condiciones de interjuego entre las dotaciones tecnológicas (conocimientos, capacidades, artefactos, sistemas), las condiciones sociales, las condiciones político-económicas, las constituciones ideológicas de los actores sociales. Los estilos socio-técnicos de cambio tecnológico en contextos periféricos suelen caracterizarse por una intensiva aplicación de operaciones de RT.

<sup>vi</sup> El único caso similar que fue posible registrar lo constituye la empresa italiana Laben SpA, comparable en términos de facturación y cantidad de empleados a la firma bajo estudio. Si bien esta empresa se dedicó inicialmente a la producción de aparatos electrónicos para investigación en el área de la física nuclear y actualmente desarrolla la instrumentación y subsistemas de a bordo para satélites, no se dedica a la construcción de reactores o satélites como productos finales.

<sup>vii</sup> La construcción de las fases responde a una evidente, e ineludible, simplificación.

<sup>viii</sup> En la dimensión cognitiva –normalmente menos analizada que la artefactual y la práctica- del cambio tecnológico tienen lugar operaciones de RT. Algunos conocimientos tecnológicos resignificados, en particular, son utilizados extensamente en diferentes aplicaciones (diferentes técnicas de diseño, distintos sectores productivos, diferentes artefactos). Es posible definir como *conocimientos genéricos* a aquellos instrumentos de naturaleza cognitiva que, atravesando las fronteras de cierta especificidad disciplinar o tecno-productiva, son aplicados en diversos campos científicos y tecnológicos. El concepto deriva de la noción de *instrumentos genéricos*, propuesta por Terry Shinn (2000).

<sup>ix</sup> Para un análisis de la vigencia de ideologías anti-dependentistas en Argentina y Brasil, ver Adler (1987).

<sup>x</sup> Para mayores detalles sobre el desarrollo de esta lógica de producción de tecnologías en países subdesarrollados, ver Thomas (1995).

<sup>xi</sup> El análisis de relaciones *usuario-productory learning by interacting* (Von Hippel, 1976; Lundvall, 1985; 1988) es compatible con herramientas generadas por la sociología de la tecnología de raíz constructivista (Bijker, 1995).

<sup>xii</sup> Para una perspectiva crítica de la racionalidad ofertista lineal en las políticas latinoamericanas de CTI, ver Dagnino y Thomas (1999, 2002)

<sup>xiii</sup> De hecho, la firma fue víctima, en diversas oportunidades, de la discontinuidad de las políticas públicas. La figura jurídica de Sociedad del Estado funcionó, en este sentido, como una barrera frente a la inestabilidad y fragilidad del aparato estatal, otorgándole una estabilidad de gestión diferenciada de la discontinuidad de las direcciones de las instituciones públicas de I+D.