JORGE M. KATZ
Y COLABORADORES

DESARROLLO Y CRISIS DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA LATINOAMERICANA

EL CASO DE LA INDUSTRIA METALMECANICA

ESTUDIOS SOBRE DESARROLLO TECNOLOGICO
PATROCINADOS POR BID / CEPAL / CIID / PNUD
BUENOS AIRES, 1986

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
Y EL CARIBE - CEPAL
Oficina Buenos Aires
Corrientes 2554 - 5o. p.
1046 Buenos Aires - Argentina

IMPRESO EN LA ARGENTINA
Derechos reservados © 1986, por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

338.47669/K19
c.2

DESARROLLO Y CRISIS DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA LATINOAMERICANA

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
NACIONES UNIDAS
BIBLIOTECA

16 ENE 1987

23425

MARCO INSTITUCIONAL Y COLABORADORES DEL PRESENTE ESTUDIO

Conjuntamente con otro libro sobre diversos aspectos del cambio tecnológico latinoamericano en la esfera de la producción industrial —a ser próximamente publicado en Londres por McMillan— y con un extenso número de Monografías de Trabajo del Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, el presente libro cierra un ciclo de estudios que cubriera casi una década. Han participado en este esfuerzo cerca de un centenar de colegas latinoamericanos.

A lo largo de estos años —1974/1982— dicho equipo de investigación contó con el apoyo intelectual y económico de cuatro Agencias Internacionales, el que, como coordinador del Programa, aquí agradezco. Estas Agencias son: el Banco Interamericano de Desarrollo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

En cada uno de los países latinoamericanos en que llevamos a cabo investigaciones acerca de la conducta tecnológica del sector manufacturero tuvimos oportunidad de contar con una institución académica local que incorporara el tema tecnológico a su agenda de estudios y que apoyara de manera incondicional nuestra tarea. Así, el Instituto Di Telia, en la Argentina; el Departamento de Economía de la Universidad de San Pablo, en Brasil; la Corporación Centro Regional de Población, en Colombia; el Colegio de México, en México; el Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica, en Perú; y, finalmente, el CENDES, en Venezuela, se hacen merecedores de mi reconocimiento por la ayuda brindada.

En la Segunda Fase del Programa —es decir, la que cubriera los años 1979 a 1982— se llevaron a cabo diversos estudios sobre plantas metalmecánicas latinoamericanas. Del conjunto de tales trabajos he tenido ocasión de seleccionar siete, los que aquí se presentan de manera abreviada en el capítulo II. Agradezco a los respectivos autores su autorización para incluirlos en esta publicación.

En 1983 la CEPAL y el CIID proporcionaron recursos adicionales con los que fue posible estudiar el impacto que la crisis económica contemporánea está ejerciendo sobre la capacidad tecnológica en el campo metalmecánico. A partir de dichos recursos —que agradezco en forma particular— ha sido posible efectuar un nuevo trabajo de campo, el que dio por resultado dos capítulos adicionales para este libro. Los mismos fueron preparados por los Ing. A. Castaño y R. Soifer bajo mi coordinación. También la publicación de este volumen ha sido factible a partir de dichos recursos.

Creo necesario, finalmente, agradecer a la oficina de la CEPAL en Buenos Aires por el excelente ambiente humano y profesional que a través de los años me ha brindado,

permitiéndome desarrollar mis tareas de investigación sobre problemas del cambio tecnológico en América Latina.

Guardo entera responsabilidad tanto por el diseño general del Programa de Investigaciones a que aquí se hace referencia como por los contenidos específicos de los estudios presentados. Ninguna de las personas o instituciones citadas puede ser imputada por las opiniones o falencias que el lector encuentre en su camino.

JORGE M. KATZ
Coordinador del Programa
BID/CEPAL/CIID/PNUD

CEPAL, primavera de 1985.

INDICE

Capítulo	Pág.
Marco institucional del presente estudio	5
Introducción	9
I. La tecnología metalmecánica como factor determinante de la conducta técnica de la empresa y del sendero de expansión de la capacidad tecnológica doméstica	19
1. Introducción	19
2. Algunos rasgos técnicos de la producción metalmecánica	20
3. Dos formas de organización de la producción metalmecánica	22
4. Determinantes del tipo de equipamiento empleado por una planta metalmecánica	26
5. Disponibilidad de mano de obra calificada, como determinante del equipamiento empleado	32
6. Subcontratistas	34
7. Recapitulación final	38
II. Siete estudios de casos en la rama metalmecánica latinoamericana	39
Caso Nº 1. Una empresa mexicana fabricante de prensas y guillotinas, por *Alfonso Mercado*	40
Caso Nº 2. Una firma venezolana fabricante de maquinaria agrícola, por *Mauricio Turkieh*	58
Caso Nº 3. Una empresa argentina productora de máquinas-herramienta, por *Angel Castaño, Jorge Katz y Fernando Navajas*	82
Caso Nº 4. Una planta argentina de equipo agrícola, por *Julio Berlinski*	129
Caso Nº 5. Una planta argentina de motores diésel, por *Julio Berlinski*	147
Caso Nº 6. Una planta brasileña de equipos para el procesamiento de cereales, por *Helio Nogueira da Cruz*	165
Caso Nº 7. Un astillero colombiano, por *Diego Sandoval y L. Jaramillo*	207
III. Desarrollo de la capacidad tecnológica interna en el sector metalmecánico latinoamericano	239
1. Introducción	239
2. Hacia una tipología empresaria. Breve discusión de los rasgos diferenciales de conducta entre distintos "tipos" de empresas	240
3. La organización del proceso productivo: producción en "línea" vs. organización en "taller"	246
4. La morfología del mercado como un fenómeno dinámico. Su relación con la capacidad tecnológica de la firma	269

IV. La crisis de los años 1980: contracción del mercado interno y expansión de la frontera tecnológica universal 277

1. Introducción, por *Angel Castaño y Jorge Katz* 277
2. El quinquenio 1979/84: crisis y transformación de la industria metalmecánica 279

V. La producción metalmecánica: un análisis de la frontera técnica mecánica y electrónica mundial, por *Ricardo Soifer* 297

1. Características y difusión de las nuevas tecnologías 297
2. La tecnología y sus tendencias 305
3. Agentes y estructuras en el escenario internacional de las nuevas tecnologías 326
4. Algunas reflexiones sobre la frontera y la brecha tecnológica 331

VI. Reflexiones sobre política industrial 339

1. Introducción 339
2. La elección de sectores prioritarios 344
3. Contenidos de la reorganización y modernización industrial 345

Apéndice 353

INTRODUCCION

UN CONJUNTO DE PREGUNTAS ACERCA DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA LATINOAMERICANA EN EL CAMPO METALMECANICO

Su maduración de largo plazo, la crisis que contemporáneamente la afecta y la necesidad de su reestructuración y nueva inserción en el panorama tecnológico mundial

La industria metalmecánica resume —quizás como pocas otras del espectro manufacturero latinoamericano— el amplio catálogo de frustraciones y esperanzas que a lo largo de más de tres décadas ha ido deparando el esfuerzo de sustitución de importaciones en el marco regional.

Desde los años 1920, época en que los talleres de mantenimiento de los ferrocarriles británicos radicados en Argentina brindaron la base para un desarrollo temprano de la capacidad tecnológica doméstica en distintos procesos unitarios relacionados con la transformación de metales, como son la fundición, forja, soldadura, etc. hasta el presente momento en que diversas firmas de Argentina, Brasil o México están haciendo sus primeras armas en el camino de la automatización, entrando para ello al mundo del comando numérico, de la robotización, del diseño de nuevos productos con ayuda de computadora (CAD), han transcurrido años en los que el crecimiento de la industria metalmecánica latinoamericana fue tomando cuerpo a través de la gradual implantación de nuevas ramas productoras y de la paulatina acumulación de distintos tipos de capacidad tecnológica interna en los muchos establecimientos fabriles que componen el sector.

Este proceso —que involucra a cientos de talleres industriales y a muchos miles de operarios y técnicos de distintas especialidades y niveles de calificación— torneros, matriceros, frezadores, montadores, especialistas de diseño, programadores, etc. fue generando un sector metalmecánico de rasgos altamente idiosincráticos, en verdad poco comparable a la industria metalmecánica de países desarrollados.

Lo idiosincrásico de esta industria respecto a su contrapartida de países maduros emerge con claridad en múltiples aspectos. Veamos, a título de ejemplo, algunos de ellos. Se trata, por de pronto, de industrias que imitan desarrollos técnicos ocurridos varios años antes en el mundo industrializado. En un comienzo este rasgo estuvo asociado al hecho de que sólo se buscaba reparar y mantener en funcionamiento equipos alemanes, ingleses, etc. Algo más adelante, cuando por motivos bélicos u otros igualmente aleatorios y temporarios, los equipos europeos o norteamericanos no llegaron a nuestros puertos, el desarrollo metalmecánico local tomó forma a través de la fabricación de un símil previamente desarmado y copiado. Obviamente ello implicaba, en la generalidad de los

casos, el copiar algo que tenía varios años de antigüedad y que bien podía estar tecnológicamente superado, tiempo atrás, en el exterior.

En segundo lugar, lo idiosincrásico de la expansión metalmecánica latinoamericana tiene que ver con su casi exclusiva dedicación al mercado interno de cada país. Años más tarde –ya sobre las décadas de 1960 y 1970– algunas de estas industrias mostraron una incipiente capacidad exportadora, muchas veces capitalizando en mercados de la región un previo esfuerzo de adaptación de productos originados en países más avanzados o incluso con diseños de productos y procesos productivos propios inspirados en los requerimientos y condiciones de producción del mercado doméstico. Pero dicha capacidad exportadora ha aparecido generalmente como un subproducto no buscado de un programa de producción inspirado básicamente en el mercado interno.

Un tercer hecho que ilustra lo idiosincrásico del proceso que describimos está referido a las subramas de industria que fueron recibiendo atención por parte de la comunidad empresaria y, por descarte, aquellas que fueron quedando inmaduras o lisa y llanamente, sin cubrir. Las leyes del mercado, sobreimpuestas a una protección arancelaria generalizada y desmedida (aunque decreciente en el tiempo), fueron privilegiando lo más cercano al consumo final y lo tecnológicamente más sencillo. Concomitantemente, fueron quedando atrás los campos tecnológicamente más complejos, los bienes de capital de mayor sofisticación. Así, se aprendió a fabricar localmente máquinas de panadería, equipos para beneficiar cereales, telares, motores eléctricos simples, artefactos electrodomésticos y –años más tarde– automotores, pero fueron quedando atrás las industrias que fabrican instrumental científico y de computación, equipos de telecomunicaciones, turbinas hidráulicas y de aeronavegación, etc. De igual forma fueron quedando relegados aquellos procesos unitarios de mayor complejidad técnica como son las soldaduras o los tratamientos térmicos especiales, etc.

Un cuarto tema que revela lo idiosincrásico de la rama industrial aquí examinada debe buscarse no ya en la composición de la misma, sino en el tipo de plantas industriales que han ido surgiendo, y en los patrones de división social del trabajo que las mismas fueron creando a través de los años. Con relación al tipo de establecimientos fabriles que conforman la rama vemos que, salvo raras excepciones, son de escala francamente pequeña, nunca más que un 10-20 % de sus símiles europeos o norteamericanos. Las diferencias no acaban allí. Son fábricas con un mucho más alto grado de integración vertical, o sea que recurren mucho más al autoabastecimiento de partes, subconjuntos, etc., que sus símiles de país desarrollado, perdiendo así economías de especialización. Son firmas que, con el correr de los años y frente a la gradual saturación del mercado doméstico para el cual han trabajado, han diversificado significativamente su "mix" de producción. Así, en lugar de buscar la especialización por "líneas" de productos –como tienden a hacer sus competidores europeos o japoneses– cargan con una pesada incidencia de "tiempos muertos" o "down-time" originada en los lotes chicos y en la diversificación excesiva. También son plantas de menor nivel de automatización que sus contrapartes externos. Ello que, en parte, se debe a los distintos precios relativos de capital y trabajo con que una y otra han debido operar a través de los años, también aparece como consecuencia del menor nivel tecnológico de sus elencos técnicos y profesionales, de la menor escala operativa y del más bajo grado de complejidad tecnológica de los productos fabricados. En lo que hace a la división social del trabajo que esta industria ha ido generando, y como consecuencia del alto grado de integración vertical que exhiben los estableci-

mientos fabriles, resalta la existencia de una infraestructura débil de subcontratistas especializados capaces de producir partes estandarizadas para un mercado abierto y de libre acceso. La normalización técnica también es escasa y no difundida.

En resumen: son múltiples y variados los campos en los que es dable observar que la expansión metalmecánica latinoamericana ha dado pie a un aparato productivo y de división social del trabajo poco comparable con el mundo desarrollado. Los tamaños de planta son pequeños y el grado de integración vertical del proceso productivo es elevado. La especialización por "líneas" de productos es pobre. La subcontratación es escasa, abundando en su lugar el autoaprovisionamiento de partes y subconjuntos. Todo esto conspira contra las economías de escala —estáticas y dinámicas— y contra las economías de especialización. En adición a ello se trata de plantas industriales que han crecido bajo el estímulo de una alta (pero decreciente) protección arancelaria y trabajando casi exclusivamente —sobre todo al comienzo de su historia evolutiva— para el mercado doméstico de cada país. Su operatoria ha estado concentrada más en los bienes finales que en los equipos de capital de mayor complejidad tecnológica. Por lo general han tendido a operar sobre la base de copias de productos de diseño externo y de su posterior adaptación a las condiciones locales de uso y fabricación.

Ahora bien, pese a lo mucho que se ha escrito en América Latina sobre el sector metalmecánico, resulta notoria la falta de estudios que hayan captado en toda su dimensión histórica y evolutiva los múltiples rasgos idiosincráticos que, de manera preliminar, hemos descripto en párrafos previos, y que hayan intentado estudiar la incidencia que todo esto ha tenido sobre el desarrollo de la capacidad tecnológica de la región, tanto en magnitud como en naturaleza.

Es difícil imaginar cómo aspectos tan cruciales como el patrón de ventajas comparativas dinámicas y la inserción internacional de un determinado país pueden discutirse sin una adecuada comprensión de estos temas.

El que la dimensión histórica y evolutiva del desarrollo de la capacidad tecnológica local no se halla explorado con detalle debe en parte atribuirse a la tradición neoclásica que domina el paradigma teórico contemporáneo. El modelo convencional ha tenido —y aún tiene al día de hoy— grandes dificultades para incorporar la tecnología como factor productivo y para describir aspectos dinámicos del desarrollo de la capacidad tecnológica propia de una determinada sociedad. La tecnología ha entrado en los modelos neoclásicos como un dato técnico de naturaleza exógena. En este sentido la misma resulta ajena a la trama de interdependencias cotidianas que subyace bajo los hechos de la vida comunitaria. Su rol es enteramente sacramental.

Algo parecido ocurre con la noción de desequilibrio. La teoría neoclásica se ha interesado más por describir situaciones de equilibrio que por explorar la naturaleza de la trayectoria temporal que media entre dos puntos tales de equilibrio. La riqueza y complejidad de la transición se han sacrificado en haras de mantener la elegancia del tratamiento matemático. Los supuestos que este último exige relacionados con la continuidad, convexidad, etc., de las funciones muchas veces han impedido prestar atención a la riqueza sociológica y política del desequilibrio implícito en todo proceso de crecimiento.

Que la economía política no haya sabido dar con los instrumentos de análisis como para incorporar satisfactoriamente los aspectos dinámicos inherentes al desarrollo de la capacidad tecnológica interna de una determinada sociedad, o la naturaleza típicamente

de desequilibrio del proceso de expansión industrial, no implica de manera alguna que ambos no sean cruciales para comprender la organización social de producción en una dada comunidad y la capacidad del ser humano para transformarla en función del cambio tecnológico y el aprendizaje interno. Lo endógeno e idiosincrásico del proceso de maduración tecnológica de un dado núcleo humano debe ser explorado, y las distintas formas de absorber el desequilibrio en distintos tipos de empresas, países, etc., deben ser comprendidas, si alguna vez hemos de contar con una teoría del desarrollo económico que verdaderamente satisfaga nuestras necesidades cognitivas, y que, al mismo tiempo, sea útil a los efectos de guiarnos en el diseño e implementación de estrategias e instrumentos de política pública.

El propósito de este libro es el de intentar un pequeño paso en esta dirección. El desarrollo de la capacidad tecnológica doméstica en el campo metalmecánico latinoamericano constituye nuestro centro de interés. No se trata de presentar aquí un estudio sectorial sobre la producción de equipos, durables de consumidores, etc., sino de exponer los resultados de una exploración microeconómica acerca de los determinantes y consecuencias de la maduración tecnológica regional en este campo de la vida industrial. Por definición la investigación debía efectuarse a nivel de establecimiento fabril recogiendo allí la complejidad del proceso evolutivo que cada planta industrial describe en esta materia. Sólo a ese nivel pensamos que sería factible captar con rigor la aparición y el desarrollo de la capacidad tecnológica interna, sus determinantes micro y macroeconómicos y sus consecuencias, tanto sobre la unidad productiva individual como sobre el conjunto del sistema social.

Cerca de treinta establecimientos fabriles localizados en los seis mayores países de América Latina conforman la base analítica e informativa sobre la que se asienta el presente trabajo de generalización y resumen. La historia económico-tecnológica de cada uno de dichos establecimientos fabriles fue examinada por un elenco de economistas e ingenieros en un intento por arrojar cierta luz sobre los interrogantes básicos que aquí nos preocupan.

Finalizados los estudios individuales[1] la información recogida debía dar lugar a un esfuerzo de generalización y teorización. En el presente caso no es la riqueza de las grandes muestras estadísticas la que podía apoyarnos en el camino de la construcción teórica. En lugar de ello debimos proseguir por el lento camino de la codificación de comportamientos y situaciones diferenciadas y el posterior armado de unos pocos modelos "tipo" de conducta tecnológica empresaria. Dichos "modelos" son de carácter verbal y están lejos de poseer la elegancia formal de la teoría microeconómica recibida. Pese a ello muchas veces iluminan situaciones completamente olvidadas por aquélla. Aun cuando en múltiples oportunidades nos dejan con más preguntas que respuestas los estudios de casos mencionados constituyen quizás uno de los materiales más ricos disponibles en la actualidad acerca de la microeconomía del cambio tecnológico en el medio latinoamericano.

[1] Los múltiples estudios de casos llevados a cabo entre 1979 y 1982 han sido publicados como Monografías de Trabajo del Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina. Las mismas están disponibles para el lector interesado que debe solicitarlas en las oficinas de CEPAL, Buenos Aires. La lista completa de dichos trabajos puede consultarse en las páginas finales de este volumen.

Lo que hasta aquí hemos brevemente expuesto el lector puede hallarlo en los tres primeros capítulos del libro. Los mismos tienen por objeto describir y teorizar, en forma introductoria y preliminar, en torno a la aparición y desarrollo de la capacidad tecnológica doméstica en el medio metalmecánico latinoamericano. Interesa conocer más a fondo las fuerzas micro y macroeconómicas que han incidido sobre dicho desarrollo y las consecuencias dinámicas que el mismo ha tenido y tiene sobre la firma y el sistema productivo como un todo. Tal como veremos posteriormente, cuestiones de eficiencia productiva y morfología de mercado, así como aspectos relacionados con ventajas comparativas dinámicas e inserción internacional dependen crucialmente de estos temas hasta aquí poco explorados por la profesión.

Veamos a continuación el contenido de los tres primeros capítulos.

A efectos de familiarizar al lector con la complejidad física de la tecnología de transformación de metales que emplea este sector productivo, y de lo mucho que hechos y circunstancias de carácter tecnológico inciden sobre la conducta de la firma y sobre el desarrollo de la capacidad tecnológica de una firma dada, el **Capítulo I** describe en detalle varios aspectos técnicos inherentes a la actividad metalmecánica. Esta rama industrial agrupa a una enorme diversidad de talleres que llevan a cabo procesos unitarios como son la fundición, la forja, el mecanizado, el ensamble, etc., de partes, piezas y subconjuntos. Cada una de dichas tareas puede hacerse con distinto grado de automatización y en distinto nivel de calidad y tolerancia técnica. Tal como veremos en este primer capítulo muchos de estos procesos unitarios pueden sustituirse entre sí, dando lugar a distintas configuraciones de planta fabril, aun cuando se trate de firmas que compiten celosamente entre sí. Muchos de estos procesos unitarios puede realizarlos la firma misma que efectúa el ensamble final del producto, o subcontratarse con terceros productores, afiliados a aquélla o completamente independientes, dando ello lugar a distintos modelos de organización de la producción y de división social del trabajo.

También mostraremos en el primer capítulo que una empresa metalmecánica puede producir por "órdenes individuales", en "pequeños lotes" o en "línea". Cada una de estas fábricas describe una problemática tecnológica y de organización de la producción distinta, la que condiciona muy significativamente el tipo de preguntas tecnológicas que debe enfrentar cotidianamente el elenco profesional y técnico de la planta, y, por ende, el sendero de desarrollo tecnológico que el mismo habrá de transitar a lo largo del tiempo.

Sobre la base del material presentado en el capítulo primero, proseguimos en el **Capítulo II** con la discusión de siete historias empresarias. De los treinta estudios de casos completados en el curso de más de tres años de investigación hemos elegido siete situaciones "típicas" a fin de brindar al lector una gama de comportamientos empresarios alternativos, donde la nacionalidad de la firma, su carácter familiar o corporativo, la organización del proceso productivo, el medio sectorial y macroeconómico en el que opera, etc., hayan ido determinando de una forma u otra el desarrollo de su capacidad tecnológica a través de los años. Cada caso describe un universo tecnológico con diferentes oportunidades y restricciones y da lugar a un proceso de maduración de la capacidad tecnológica altamente diferenciado e idiosincrásico.

Amén de iluminar el escenario microeconómico, los estudios de casos arrojan luz sobre otro tema central que subyace bajo el material recogido. Nos referimos en este caso al distinto grado de maduración industrial y tecnológica que es dable observar entre países latinoamericanos, lo que sin duda condiciona los grados de libertad y las posibili-

dades de cada firma para actuar interna e internacionalmente. Brasil y Argentina, en un extremo, muestran procesos de desarrollo industrial de tres y cuatro décadas, los que sin duda han dado pie al desarrollo de una considerable infraestructura doméstica de conocimientos tecnológicos ampliamente difundidos en la sociedad. Ello ha permitido la difusión de estándares de calidad y tolerancia técnica, de formas de comportamiento empresario y laboral, etc., no fácilmente observables en otros ámbitos de la región. En cambio en el aspecto metalmecánico, Venezuela o Perú describen situaciones de mayor precariedad tecnológica. Sus plantas fabriles y sus elencos técnicos y profesionales operan cotidianamente con estándares tecnológicos de menor nivel de complejidad técnica. Asimismo, la división social del trabajo y las relaciones de subcontratación parecen menos desarrolladas que en los dos países mencionados en primer término. De manera indirecta pero clara los estudios de casos iluminan estas diferencias estructurales existentes al interior de América Latina.

El Capítulo III toma distancia con los estudios individuales y busca una primera generalización teórica en base al material recogido. Surgen aquí una cantidad de ideas de naturaleza "evolutiva" claramente emparentadas con los trabajos recientes de J. Utterback y W. Abernathy en MIT[2], R. Nelson y S. Winter en Yale[3], C. Freeman[4] en Sussex, Gran Bretaña y N. Rosenberg en Stanford[5].

El capítulo comienza explorando las diferencias de conducta económico-tecnológica que es dable esperar entre empresas familiares, subsidiarias locales de grupos multinacionales y empresas públicas, así como la que normalmente existe entre firmas cuya planta fabril está organizada en "línea" de producción continua y aquellas otras cuyo establecimiento industrial está constituido por una sucesión de "talleres" donde el proceso productivo es "discontinuo" y adaptado para la fabricación de "lotes pequeños" u "órdenes individuales".

Tras dicha primera tarea clasificatoria el capítulo prosigue con el examen de algunos modelos simples de comportamiento tecnológico. El objetivo de los mismos es el de arrojar cierta luz sobre el proceso secuencial a través del cual se va construyendo la capacidad tecnológica propia de una firma dada. La historia evolutiva de la firma se divide en "fases" o "etapas" sucesivas a lo largo de las cuales se crean y afianzan al interior de la misma las tareas técnicas de: a) El diseño de productos, b) La ingeniería de procesos, o de producción en sí, y finalmente, c) La ingeniería de organización y métodos de producción. Este proceso lleva tiempo —fácilmente entre una y dos décadas, de acuerdo a la evidencia empírica recogida— y supone la incorporación a la empresa de una serie relativamente amplia de nuevas calificaciones en el plantel profesional y técnico. Sobre esta secuencia evolutiva influyen tanto la historia técnica de la firma —el nivel de complejidad tecnológica del producto que elabora, del equipo de capital con que cuenta para ello, la organización del proceso productivo con que opera, etc.— como también la

[2] J. Utterback y W. Abernathy, "A Dynamic Model of Process and Product Innovation", OMEGA, Vol. 3, Nº 6, Great Britain, 1975.

[3] R. Nelson y S. Winter, *An evolutionary theory of economic change.* The Belknap press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1982.

[4] C. Freeman, *The economic of industrial innovation,* Penguin, 1974.

[5] N. Rosenberg, *Perspective on technology,* Cambridge, University Press, 1976.

morfología del mercado en que actúa y los rasgos más salientes de la macroeconomía social y política en que se halla inserta.

Así como el desarrollo de la capacidad tecnológica interna de la firma se describe aquí como un proceso secuencial y evolutivo –y no como un estadio final al cual la firma eventualmente arriba–, también la conformación del mercado y el papel de la competencia se examinan como un proceso dinámico, que va tomando forma a través del tiempo, y no como un atributo estático prevalente (o no) en un determinado momento. En este sentido la noción de "competencia" es significativamente distinta de aquella que manejan los libros de texto convencionales. Vale la pena observar que también en este plano se registran profundas diferencias entre los patrones de funcionamiento de los mercados metalmecánicos latinoamericanos y aquéllos de países desarrollados donde el papel de las fuerzas competitivas es considerablemente mayor que en el medio local[6]. Estos temas también reciben atención a lo largo del capítulo tercero.

En su diseño de 1978 la presente investigación concluía en este punto, tras un intento preliminar de teorización en torno a las fuerzas macro y microeconómicas que inciden tanto sobre el desarrollo de la capacidad tecnológica propia a nivel de firma como sobre la gradual conformación del mercado a implantación de los mecanismos competitivos al interior de los mercados metalmecánicos de la región.

La realidad, sin embargo, probó ser mucho más compleja que lo que nuestro diseño de investigación podía ex ante prever. Entre 1978 y 1985 la industria metalmecánica latinoamericana hubo de sufrir el más largo y profundo proceso recesivo que registra su historia. Ramas enteras de actividad han desaparecido o se han transformado en algo bien diferente de lo que eran cinco o seis años atrás. La industria electrónica argentina constituye un reflejo fiel de esta afirmación[7]. Otros sectores continúan en pie, pero operando a un escaso 20-30 % de su capacidad instalada[8]. No sólo el volumen físico de producción ha caído –como tendremos oportunidad de ver en el capítulo IV– sino que la organización del proceso productivo a nivel de planta fabril y los patrones de división social del trabajo han sido dramáticamente afectados por la recesión. Gran parte de los cuadros técnicos, reunidos de manera evolutiva y tras un lento proceso de maduración técnico-económica, se han desmembrado siendo palpable un franco fenómeno involutivo tanto a nivel de planta como a escala de la organización social del esfuerzo productivo.

Concomitantemente con todo esto la tecnología internacional ha entrado en un rápido proceso de cambio merced a la difusión de los microprocesadores, los que están alterando profundamente tanto el diseño de productos como la tecnología de procesos

[6] A título de ejemplo citamos posteriormente el caso de la industria automotriz norteamericana. Durante sus inicios en el medio estadounidense se registra la presencia de más de 200 fabricantes en el marco de una tecnología "discontinua" y con una organización del proceso productivo fragmentado en "talleres". Tras un dramático proceso de concentración y "linearización" de la tecnología, llega a conformarse el oligopolio concentrado que enfrentamos al día de hoy. A diferencia de todo ello la industria automotriz de Argentina o Brasil arranca de una situación de virtual monopolio, dando cuenta de una profunda diferencia morfológica con la situación que históricamente registraran los países industrializados.

[7] Véase, al respecto de este tema, Hugo Nochteff, *Desindustrialización y retroceso tecnológico en Argentina. 1976-1982. La industria electrónica de consumo.* Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales/FLACSO, Argentina, 1984.

[8] El caso de la industria de máquinas herramienta examinado en detalle en el capítulo IV se aproxima a esta situación.

y de organización para producirlos. La automatización flexible constituye casi con seguridad el cambio tecnológico que mayor impacto habrá de producir a escala mundial en lo que resta del siglo y por el momento involucra una revolución tecnológica de la que Latinoamérica ha quedado relativamente marginada.

En otras palabras, tanto por la violenta contracción del mercado interno —y su secuela en términos de desmantelamiento de unidades productivas, de esfuerzos tecnológicos domésticos y de involución en materia de organización y división social del trabajo— como por la rápida expansión de la frontera tecnológica universal que ha ensanchado significativamente la brecha tecnológica relativa que separa a América Latina de los países de mayor desarrollo, nuestros resultados de investigación de 1982 que describían el proceso evolutivo de la capacidad tecnológica interna a lo largo de varias décadas eran ya obsoletos antes de ver la luz a través de una publicación formal. Se imponía pues un nuevo esfuerzo exploratorio, esta vez destinado a evaluar qué es lo que había quedado en pie tras el violento proceso recesivo que azota a la región y hasta dónde —en qué subramas de industria y en cuáles procesos unitarios— la expansión de la frontera tecnológica mundial había hecho aún más profunda y difícil de cerrar la brecha tecnológica relativa que separa a nuestras ramas metalmecánicas de las del mundo desarrollado.

Dicho esfuerzo exploratorio fue encarado durante los años 1984 y 1985 y sus resultados se presentan en los capítulos IV y V de esta monografía.

El **Capítulo IV** da a conocer la evidencia empírica recogida en un estudio de campo encarado en el marco de la industria argentina de máquinas herramienta. El objetivo de la misma ha sido el de reexaminar el tema de la capacidad tecnológica local a la luz del extenso período de crisis que desde 1979 ha padecido el sector. Surge allí con claridad que sólo unas pocas firmas han logrado mantener el nivel tecnológico que alcanzaron con anterioridad a la crisis, y que ello involucra solamente la tecnología de productos, pero no así la tecnología de procesos y menos aún la de organización del trabajo y métodos de producción. En el plano del proceso productivo y de la organización del trabajo se observa una involución generalizada hacia formas organizativas que el país había superado largamente años atrás. La verdadera significación de este hecho desde el punto de vista de la futura inserción internacional del país y de su patrón de comercio exterior es examinada en el capítulo VI, en el que la presente monografía incursiona en cuestiones de política pública a la luz del diagnóstico global aquí formulado.

El **Capítulo V** está dedicado a explorar la evolución reciente de la frontera tecnológica universal en el amplio espectro de temas que abarca la revolución de la automatización flexible. Son muchas y muy variadas "las" fronteras tecnológicas a las que de una manera genérica se hace referencia cuando se habla del estado del arte a escala mundial. Sólo algunos de estos desarrollos adquieren interés y significación desde el punto de vista de la accesibilidad potencial para los países de América Latina, siendo necesario un esfuerzo detallado de evaluación a fin de discernir lo importante de lo que no lo es en el marco del gran escenario de cambios a que asistimos a escala universal. Este capítulo intenta justamente eso, es decir, mostrar qué, de lo mucho que está ocurriendo en la esfera de la revolución microelectrónica, de organización y división social del trabajo, etc., requiere ser incorporado al medio doméstico latinoamericano y a fin de alcanzar qué objetivos de crecimiento industrial y comercio internacional.

Finalmente, en el **Capítulo VI** —último de este trabajo— se examinan temas de

política pública a la luz de los resultados expuestos previamente. Resulta difícil suponer que el libre juego de las fuerzas del mercado estaría en condiciones de inducir un cambio estructural y cualitativo como el que hoy por hoy demanda la industria metalmecánica latinoamericana. Son muchos los causales de fracaso del sistema de precios presentes en este mercado y cada uno de ellos llama a la intervención estatal. Es obvio, sin embargo, que tampoco debemos engañarnos acerca de la capacidad del Estado latinoamericano —excepción hecha, quizás, del caso brasileño— para llevar a cabo reformas estructurales como las que aquí se requieren. No nos queda más que reconocer que el cambio debe comenzar al interior del mismo aparato público el que sólo a través de la jerarquización y profesionalización de sus cuadros técnicos podrá cubrir las enormes falencias e incapacidad de maniobra que hoy lo caracterizan. Concomitantemente con este replanteo crítico, el Sector Público deberá encarar una extensa tarea de política industrial que debe ser vista como una mezcla de señales indirectas —de tipo fiscal, crediticio, etc.— y de acuerdos concertados con los diversos agentes del sector privado —empresas, sindicatos, etc.— destinados a corregir las muchas deficiencias estructurales que el presente diagnóstico ha puesto de manifiesto en repetidas oportunidades. La tarea que enfrentamos no es sencilla, ni de inmediata concreción. Decenas —o hasta centenas— de millones de dólares por rama industrial cuya reconversión se encare, y lapsos de tiempo no inferiores a lo que resta del siglo, deben ser previstos en función de la transformación estructural hoy necesaria. Quizás el compromiso con esta tarea es lo mejor que podríamos legarle a la generación de nuestros hijos.

CAPITULO I

LA TECNOLOGIA METALMECANICA COMO FACTOR DETERMINANTE DE LA CONDUCTA TECNICA DE LA EMPRESA Y DEL SENDERO DE EXPANSION DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA DOMESTICA

1. Introducción

El propósito de este primer capítulo es el de familiarizar al lector con algunos rasgos técnicos de la actividad de transformación de metales. La fabricación de un tractor, de una heladera familiar, o de un eje de camion, involucran una cantidad de procesos unitarios como son el estampado, la fundición, la forja, el mecanizado, el tratamiento térmico, etc., hasta llegar a la fase final de armado o ensamble. La industria metalmecánica comprende todo ello, en el campo de la fabricación de maquinaria eléctrica y no eléctrica, de vehículos y materiales de transporte, de equipos varios de computación, telecomunicaciones, electromedicina, etc.[9].

La tecnología de todas estas ramas productivas posee una cantidad de rasgos técnicos comunes que juzgamos conveniente conocer antes de adentrarnos —en el capítulo siguiente— en el estudio pormenorizado de diversas historias económico-tecnológicas de empresas particulares.

Tal como veremos más adelante, cuando se elige un cierto equipamiento de planta, una cierta organización del proceso productivo, un cierto grado de autoaprovisionamiento de partes y piezas y una cierta especificación de producto, se está en buena medida precondicionando el sendero tecnológico que el elenco técnico y profesional de la firma habrá de transitar en los años subsiguientes. Es obvio que esta relación no es unívoca y que pueden encontrarse más o menos grados de libertad dentro de una dada configuración técnica inicial, pero la permanente presencia de señales físicas provenientes de la tecnología originalmente elegida no debe minimizarse[10]. Todo lanzamiento posterior

[9] Se trata principalmente de las agrupaciones CIIU 382 (construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica), CIIU 383 (construcción de maquinaria y aparatos eléctricos) y CIIU 384 (construcción de material de transporte), así como de algunos otros grupos industriales que comprenden procesos básicos y fabricaciones. Ver, NACIONES UNIDAS. Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades Económicas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. *Informes Estadísticos,* Serie M Nº 4, Rev. 2, Nueva York, 1969.

[10] N. Rosenberg ha acuñado la noción de "trayectorias naturales" para referirse a este proceso de condicionamiento ex ante que ejerce todo el mundo mecánico, físico, etc. sobre la actividad de generación de nuevos conocimientos tecnológicos por parte de un dado establecimiento fabril. Véase Perspectives on Technology, *op. cit.,* 1976.

de nuevos productos, toda reorganización del "lay-out" fabril, toda incorporación de nuevas máquinas, etc., tendrá que integrarse y convivir con la tecnología inicial.

Examinaremos a continuación algunos rasgos técnicos típicos de la producción metalmecánica en general, para posteriormente plantearnos con algún detalle el tema de las diferencias que median entre una planta organizada en "línea" que produce masivamente un item (o conjunto de item) estandarizado y homogéneo, y un establecimiento fabril organizado como una sucesión de "talleres", dedicado a la producción de "lotes chicos" de productos estándares o semiestándares o equipos "hechos a medida", esto es, por "órdenes individuales". Tal como veremos, el tipo de equipamiento fabril, la organización y programación del trabajo, el nivel de calificación de los operarios, y otros múltiples rasgos económico-tecnológicos de la planta en sí y de su accionar en el medio social en que actúa, dependerán crucialmente del tipo de organización del proceso productivo que la misma posea. Recordando nuestro tema general acerca de lo idiosincrásico del aparato productivo y de la división social del trabajo prevalente en el campo metalmecánico latinoamericano vis a vis sociedades más desarrolladas, parece pertinente mencionar aquí que en no pocas oportunidades América Latina produce en "lotes chicos" y en plantas industriales "discontinuas" productos metalmecánicos —o incluso procesos unitarios específicos— que en el mundo desarrollado se fabrican o proveen en plantas de "proceso continuo", organizadas en "línea". Valga a título de ejemplo el caso de los motores eléctricos simples, los transformadores pequeños, o incluso los servicios de fundición o tratamiento térmico.

Vayamos ahora al primero de los dos temas antes mencionados, esto es, algunos rasgos técnicos generales de la producción metalmecánica.

2. Algunos rasgos técnicos de la producción metalmecánica

2.1. Diversidad de subprocesos

La producción metalmecánica abarca una gama sumamente heterogénea de productos a los cuales se llega a través de una extensa nómina de procesos unitarios, existiendo un alto grado de sustituibilidad entre muchos de ellos. Por ejemplo, para fabricar un eje de automóvil o de tractor se precisa primero de la fundición —o, alternativamente, de la forja— siguiendo luego distintos tipos de mecanizado, posteriormente una o más operaciones de tratamiento térmico, etc. Este caso simple revela, por un lado, que la producción metalmecánica reclama una extensa nómica sucesiva de procesos unitarios y, por otro, que existe cierta posibilidad de sustitución técnica entre muchos de éstos. (En este caso forja por fundición). Es más, el mecanizado del eje en cuestión será diferente si el mismo proviene de un taller de fundición o de una planta de forja, hecho que revela que no sólo existe sustitución entre procesos unitarios sino que dicha sustitución normalmente altera la naturaleza técnica de los restantes procesos unitarios utilizados a lo largo de la cadena productiva y, de allí en más, el "lay-out", diseño y equipamiento de la planta fabril, el tipo de calificaciones operarias requeridas, etc.

2.2. Complejidad del "árbol" de componentes

Otro rasgo típico de la producción metalmecánica es el de la complejidad del "árbol" de componentes que liga a piezas, subconjuntos y productos finales. Ocurre que todo producto final complejo —por ejemplo, un automóvil— es la suma de una serie de subconjuntos, cada uno de los cuales reclama a su vez un montaje propio efectuado con anterioridad[11]. Ciertos subconjuntos o piezas pueden ser comunes a distintos productos finales, como cuando se usan motores eléctricos estandarizados en la fabricación de distintos productos electrodomésticos y de uso hogareño. Dichos item estandarizados puede ser producidos por proveedores independientes y en forma descentralizada, lo cual incide tanto sobre los costos de fabricación a través de la aparición de economías de escala y de economías de especialización, como también, y muy especialmente, sobre la organización de la producción y división social del trabajo.

Tal como veremos posteriormente, el que existan o no subcontratistas especializados del tipo de los que hace referencia nuestro párrafo anterior, depende en forma significativa del grado de desarrollo alcanzado por el conjunto de la estructura industrial, razón por la que es dable esperar marcadas diferencias entre países en lo que a organización social de la producción y descentralización productiva se refiere.

Este tema merecerá un tratamiento más extenso posteriormente ya que es justamente lo idiosincrático de la situación latinoamericana en esta materia lo que requiere ser captado y modificado a través de la política pública. Particularmente desde este ángulo reencontraremos esta temática en el capítulo final de esta monografía.

2.3. Carácter universal y de uso múltiple de una parte importante del equipamiento empleado en la transformación de metales

Una proporción significativa de las máquinas y herramientas que emplea el sector metalmecánico se caracteriza por ser de uso múltiple, esto es, puede ser empleada para la fabricación de distintos productos finales. Tal es el caso de un torno paralelo, una agujereadora, una dobladora de chapa o una fresadora que pueden emplearse tanto en fabricar el eje de un camión o la heladera de uso familiar antes mencionados. Otro tipo de equipos, de los habitualmente usados por el sector, es de carácter más rígido, como es el caso de las máquinas transfer, las que son especialmente diseñadas para fabricar una determinada pieza o subconjunto en grandes números. Tal como veremos posteriormente, el volumen de producción a ser fabricado incide crucialmente sobre la conveniencia económica de elegir un equipamiento universal, flexible y de uso múltiple, vis a vis una máquina transfer de carácter más rígido. Tal como mencionáramos algunos párrafos atrás, el que se use uno u otro tipo de equipamiento condicionará indefectiblemente el diseño de la planta fabril, la organización del proceso productivo, las calificaciones operarias requeridas, la relación de obreros directos a indirectos, etc.

[11] Según se verá, con el advenimiento de la reciente tecnología electrónica, subconjuntos mecánicos completos puede actualmente también ser sustituidos por componentes o conjuntos electrónicos.

2.4. Naturaleza "labour paced" de muchos procesos unitarios

A diferencia de otras ramas industriales –verbigracia, la petroquímica–, en muchos procesos unitarios empleados por la industria metalmecánica la calidad de la mano de obra incide significativamente tanto sobre el tiempo empleado para la tarea en sí como sobre el nivel de calidad y terminación con que la misma se lleva a cabo, sin que existan más que "estándares" de tipo teórico que sólo poseen un carácter indicativo para efectuar el control. Todo esto deja un amplio margen para el aprendizaje tecnológico asociado a la acumulación de experiencia, y también permite la existencia de fuertes diferencias de productividad y calidad entre empresas, aun entre competidores cercanos.

Un ejemplo claro de actividad o proceso "labour-paced" es el montaje final del producto terminado. El mismo puede llegar a cubrir entre un tercio y un cuarto del costo directo de fabricación de muchos productos metalmecánicos generando así amplio margen para las diferencias interempresarias de costos y calidad del item terminado. Contemporáneamente asistimos a un decidido proceso de cambios tecnológicos que "incorporan" en diferentes máquinas, calificaciones varias previamente controladas por el operador del equipo. Al incorporarse el comando numérico y la programación de funciones a los tornos, las fresadoras, los centros de mecanizado, etc., tareas que con anterioridad eran típicamente "labour-paced" –como puede ser el torneado o el fresado de una pieza– pasan a ser "machine paced", transfiriéndose el conocimiento técnico involucrado en las mismas desde el operario directo ("blue collar") al programador ("white collar") que prepara las instrucciones de operación de la máquina.

Este hecho trae aparejado complejas transformaciones en el mercado de trabajo, en la estructura de calificaciones y remuneraciones de la empresa y en todo el campo de las relaciones obrero-patronales que mantiene la sociedad, tema que hasta el presente ha recibido poca atención en el medio local, tanto por parte de sindicalistas como de investigadores sociales[12].

Habiendo hasta aquí examinado algunos rasgos generales de la actividad metalmecánica proseguimos con el análisis comparativo de dos "formas" extremas de organización del proceso productivo en este campo de la producción industrial.

3. Dos formas de organización de la producción metalmecánica

Decíamos antes que en este campo de la producción industrial son proverbiales, por un lado, los establecimientos de producción "continua", que fabrican grandes lotes de productos homogéneos y, por otro lado, las fábricas de producción "discontinua", que producen lotes "chicos" u "órdenes individuales". Examinaremos en mayor detalle uno y otro tipo de planta fabril.

[12] El tema constituye un área de gran debate en el medio europeo, donde los sindicatos son sumamente celosos de este fenómeno de gradual transferencia a las máquinas de calificaciones previamente dominadas por el obrero directo de planta. Véase, por ejemplo: a) *Tratado de Sociología del Trabajo,* cap. XI, punto 2; A. Touraine: La organización profesional de la empresa. Fondo de Cultura Económica; b) Coriat, B: *Science, technique et capital.* Edic. Seuil, Paris, 1976; c) Freyssenet, M.: *La división capitaliste du travial.* Edit. Savelli, Paris, 1977.

3.1. Producción "continua", en "grandes lotes"

En el campo metalmecánico la producción masiva corresponde al caso de fabricación de grandes lotes de item homogéneos. Ejemplos típicos de este tipo de situación son la fabricación de automóviles, motores eléctricos estándar, etc., donde los volúmenes de fabricación se miden en miles de unidades. el grado de automatización puede variar dependiendo del número de procesos que se ejecutan manualmente[13] y del grado de automatización de actividades auxiliares de la producción, como son el transporte y la manipulación de partes, piezas componentes, la inspección y control de calidad, etc.

En plantas de producción continua o de "grandes lotes", una parte del equipo tiende a ser específico para un proceso dado, o para varios procesos tomados conjuntamente, como ocurre por ejemplo con los equipos "transfer" en una planta automotriz. En el límite podemos imaginar el caso de una "línea" totalmente automatizada y diseñada específicamente para fabricar un único producto estándar (ejemplo: motores eléctricos simples).

3.2. Producción seriada, en lotes chicos

Un gran número de ramas metalmecánicas produce en pequeños lotes y un reducido número de órdenes al año. Entre éstas encontramos desde la fabricación de maquinaria agrícola hasta la de aviones o locomotoras, pasando por las máquinas herramienta y otros item semejantes. Este tipo de establecimiento se organiza como una sucesión de "talleres", esto es, de secciones o departamentos que llevan a cabo una determinada tarea de transformación, y, para ello, agrupan en su interior a todos los equipos de un determinado tipo. Por ejemplo, el taller de tornería, la sección de rectificado, etc. Las partes, piezas y subconjuntos son transportados —manual o mecánicamente— de un "taller" a otro, para efectuar las tareas inherentes a cada sección.

En este tipo de fábrica cada una de las secciones emplea equipos más universales y mano de obra de mayor calificación que en las plantas de producción en "línea". La mayor versatilidad de los equipos y la más elevada capacitación de los operarios son rasgos típicos de la producción "discontinua", en lotes chicos o de las plantas que producen equipos individuales "a pedido". Cuando la producción está organizada de esta forma disminuye, en términos relativos el tiempo de preparación de máquinas, tarea previa a la transformación en sí del metal, y aumenta, también en términos relativos, esta última actividad, esto es, la actividad directa de transformación.

3.3. Producción a pedido, o por "órdenes individuales"

La plantas especializadas en la fabricación a pedido, o por órdenes individuales —por ejemplo, equipos para centrales hidroeléctricas o atómicas, barcos, turbinas, etc.—

[13] Por ejemplo, en una planta de fabricación de motores eléctricos, el bobinado del rotor puede hacerse en forma manual, semiautomática o totalmente automatizada, al margen de que la producción esté organizada en "línea". Existen ya establecimientos fabriles totalmente automatizados produciendo, por ejemplo, motores eléctricos pequeños, sin recurrir al empleo de mano de obra.

también se organizan bajo la forma de "talleres", esto es, en base a un "lay-out" discontinuo de planta fabril. La amplitud del output mix es en estos casos mayor que en los establecimientos que operan en lotes pequeños, dando ello por resultado una mayor complejidad organizativa, un problema mayor de planificación de la "carga de máquina, etcétera.

3.4. El caso híbrido de transición de "taller" a "línea"

Existe una cuarta forma —híbrida— de organización del proceso productivo en el campo metalmecánico. Se trata de aquellos establecimientos de tipo discontinuo que han sufrido algún proceso interno de reordenamiento técnico-administrativo destinado a contrarrestar parcialmente los efectos negativos de su carácter "fragmentado". La llamada "Tecnología de Grupos" u "Organización por Grupos Tecnológicos" constituye una técnica de "linearización" gradual de tramos sucesivos del proceso productivo. La literatura sobre el tema[14] distingue tres formas de organización del proceso productivo por Grupos Tecnológicos. Ellos son: a) el puesto de trabajo o "taller" organizado por Grupos Tecnológicos, b) la "célula" organizada por grupos tecnológicos y, finalmente, c) la "línea" de producción organizada en base a la metodología de los grupos tecnológicos.

"Estas tres formas de organización del 'lay-out' de planta se ubican entre la organización funcional —que es el 'lay-out' característico de la producción en pequeños lotes o en órdenes individuales— y el sistema de producción en 'línea', representativo de la producción en grandes series"[15].

Tras esta primera caracterización estilizada de los "tipos" básicos de organización del proceso productivo que es dable hallar en el campo de lo metalmecánico, y observando que tanto la producción en pequeños lotes como la fabricación de "órdenes individuales" ocurre en plantas fabriles discontinuas, organizadas como sucesión de talleres, habremos a continuación de profundizar el análisis de estos dos casos polares: 1) producción en grandes series, organizada en "línea" y, 2) producción de series cortas, o de órdenes individuales, organizada como una sucesión de talleres. Para poder comprender en detalle las diferencias de fondo que median entre ambos "modos de producción, dividiremos el proceso productivo en "actividades", como normalmente lo hace el ingeniero industrial[16], para poder luego observar dónde se gestan las diferencias más notorias de organización del trabajo y de productividad laboral y global entre uno y otro tipo de plantas. Esta característica bipolar será importante a lo largo de todo el libro y, particularmente, en nuestra discusión final de objetivos e instrumentos de la política pública en este campo industrial.

Si en un establecimiento fabril se observa en un instante dado una pieza o material, se lo encontrará en una de cinco situaciones posibles: o bien siendo objeto de una operación de **transformación**, o de un **transporte**, o de un **control** o verificación, o bien demorado en una **espera**, o bien **almacenado**. Ello se describe en estudios de organización del trabajo mediante los símbolos normalizados que siguen.

[14] E. A. Arn. *Group Technology.* Springler-Verlag, Nueva York, 1975.

[15] E. A. Arn. *Group Technology,* op. cit., p. 6.

[16] Véase, por ejemplo, *Introducción al Estudio del Trabajo,* OIT, Ginebra, 1966, p. 86 y sigs.

Símbolo	"Actividad"	Significado
⇨	Transporte	Implica el traslado de un objeto de un lugar a otro, salvo en aquellos casos en que dicho traslado es parte de una operación de transformación.
○	Operación	Operación es la modificación física o química de un objeto, su ensamble con otro o desensamble, o su preparación para una operación subsigúiente.
△	Inspección	Es el examen de un objeto para identificar la cantidad o la calidad de cualquiera de sus propiedades.
D	Espera	Hay espera cuando las condiciones —salvo las intencionalmente introducidas— no permiten ejecutar la acción siguiente prevista en el proceso productivo.
□	Almacenamiento	Existe almacenamiento cuando el objeto es guardado a la espera de un traslado autorizado.

La suma de estas cinco "actividades" conforma el proceso productivo de toda planta industrial, entre éstas, las de producción metalmecánica. Examinando comparativamente establecimientos fabriles organizados en "línea" y plantas de producción discontinua organizadas en "taller" surge con claridad que del total de horas trabajadas en uno y otro caso, la proporción de horas directas de transformación —u horas de Operación— resulta significativamente menor en las plantas de proceso discontinuo organizadas en "taller". En éstas el plantel operario dedica mucho más tiempo a: **Esperar y acarrear** materiales, herramientas y dispositivos. **Buscar e interpretar** información técnica. **Reparar** máquinas y herramientas (más allá de las horas normales de Mantenimiento), etc. En otros términos: es parte de la naturaleza misma de la tecnología metalmecánica el hecho de que los procesos productivos discontinuos y organizados en "taller" muestren una incidencia mayor de "tiempos muertos" o "downtime"[17, 18]. En la producción en "línea" las actividades y transformaciones técnicas se suceden unas a otras en forma balanceada y coordinadas hasta el nivel del micromovimiento. También los stocks y puntos de almacenamiento de materiales en curso de elaboración, partes, piezas, subconjuntos, etc. se localizan y dimensionan en concordancia con el balance general de la "línea". Para que todo ello sea así el producto final debe estar altamente normalizado y una parte

[17] El hecho de que tales "tiempos muertos" existan no es razón necesaria y suficiente para pensar que una línea de proceso continuo siempre y necesariamente habrá de ser más eficiente que una organización productiva en "taller". El diferencial de salarios del plantel obrero que actúa en uno y otro caso, los distintos costos de capital y las diferencias provenientes de los restantes insumos también deberán ser tenidos en cuenta a fin de arribar a un juicio comparativo. Véase Howard Pack, "The Capital Goods Sector in LDCs: A Survey", *mimeo,* abril 1979.

[18] Véase, como material ilustrativo de este hecho, la siguiente cita referida a la experiencia de dos plantas japonesas al pasar de "taller" a "línea": "Con nuestro FMS (Flexible Manufacturing System) necesitamos sólo 12 personas contra 70 para una fábrica normal con maquinaria con control numérico, y el período de recuperación del capital es de 2 años y medio —dice Teruhiko Yamazaki, Presidente de Yamazaki Machinery Works—. Su rival, Murata Machinery alega que su sistema ha cuadruplicado la recuperación de la inversión, y reduce los 'tiempos muertos' (o 'downtime') de 35 a 7,5 % sobre un modelo convencional". John Hartley, Japanese show huge gains with unmanned operation", en *IAMI, The International Metals and Metalworking Magazine.* Vol. 21, Nº 7, Radnor, PA, U.S.A., 1982.

del equipo de capital debe ser de naturaleza específica, es decir, estar especialmente diseñado para realizar en el momento preciso una tarea particular o combinación de tareas.

Contrariamente a esto, las plantas de tipo discontinuo y organizadas en "taller" son entidades mucho menos planificadas. La ubicación de los "talleres" en el espacio físico no es única, ni permanece constante a través del tiempo. Varios productos diferentes son fabricados simultáneamente ya que ahora es el producto el que circula entre "talleres", no estando el "lay-out" de fábrica armado en función de las sucesivas transformaciones técnicas requeridas por un determinado producto. Existe, en este caso, gran flexibilidad respecto a la manera en que se organiza la producción. Dado que todas las máquinas de un cierto tipo pueden hacer una determinada tarea, la misma se asigna a aquella máquina que está disponible. Es esto lo que le otorga un papel crucial a la organización del programa (semanal, diario) de carga de máquinas, ya que éste habrá de decidir el mayor o menor grado de utilización del equipo de capital disponible.

En resumen: es obvio que median importantes diferencias estructurales entre la tecnología de una planta de proceso continuo organizada en "línea" y la de un establecimiento de carácter discontinuo organizado en forma de "taller". La configuración física de la planta, el equipo de capital empleado, la organización del proceso productivo, etc. serán significativamente diferentes en uno y otro caso. La elección de una u otra opción —esto es, si instalar una planta de proceso continuo, y de producción en "línea", o si montar un establecimiento fabril tipo "taller"— está condicionado por: i) el tipo de producto a ser elaborado; ii) el tamaño del mercado (o volumen previsto de producción); iii) los precios relativos de factores, etc. A su vez, la elección de una u otra vía de organización del proceso productivo indefectiblemente habrá de condicionar la totalidad de la historia técnico-económica de la empresa a partir del momento mismo de su instalación. Tal como veremos posteriormente, este condicionamiento histórico que el pasado tecnológico ejerce sobre el presente y futuro de una firma dada, constituye un elemento central para la comprensión de su conducta tecnológica y del sendero de maduración de su capacidad tecnológica interna. Una parte importante de la capacidad tecnológica propia de una dada firma se insume en diagnosticar y resolver los problemas tecnológicos, los "cuellos de botella" y desbalances físicos, etc. emergentes del proceso productivo y establecimiento fabril con que opera.

4. Determinantes del tipo de equipamiento empleado por una planta metalmecánica

Habiendo hasta aquí examinado las diferencias profundas de configuración física y de **modus operandi** que median entre una planta metalmecánica organizada en "línea" de proceso continuo y otra de naturaleza "discontinua" planteada como una sucesión de "talleres" corresponde ahora explorar otro tema de gran importancia como es el del nivel de automatización elegido por un determinado establecimiento fabril[19].

[19] Hay tres conceptos distintos que no deben ser confundidos. Ellos son: a) El tipo de proceso productivo —continuo o discontinuo— de una planta fabril; b) El nivel de automatización de la misma; y, c) Su intensidad de capital. Una planta, continua o discontinua, puede armarse con distintos niveles de automatización. A su vez, un establecimiento continuo bien puede ser menos capital intensivo que uno de tipo discontinuo, en la medida en que requiere menos espacio físico para su "lay-out" opera-

Las formas de equipamiento y, por ende, la naturaleza —automatizada semi-automatizada o manual— del proceso productivo y el tipo de mano de obra elegidos por un determinado establecimiento fabril habrán de depender de distintas variables técnicas y económicas. Entre ellas: i) el tipo y volumen de producción a ser elaborados; ii) los precios relativos de factores; iii) el horizonte de planeamiento que la firma emplea en sus decisiones económicas, etc. Examinaremos a continuación la incidencia de algunas de dichas variables, comenzando por el tipo y volumen de producción. A tal efecto, veamos en detalle cuál es la conformación interna de la denominada actividad directa de transformación (u "Operación").

La actividad de transformación involucra:

a) Preparación de la máquina

Este comprende la realización de todas las acciones necesarias para poder llevar a cabo la operación unitaria de transformación o ensamble. Incluye: elegir y montar las herramientas apropiadas, fijar los avances y velocidades de corte de viruta, etc. Se trata de una serie de acciones dadas —siendo por lo tanto fija su incidencia en términos del tiempo necesario para realizarlas— y por ende prorrateable en el total de piezas a ser transformadas. Dado que existe una relación inversa entre tiempo de preparación de la máquina y tiempo de transformación del metal, cuanto mayor el tamaño de la serie, mayor el esfuerzo previo de preparación de la máquina que se justifica llevar a cabo —incluida la fabricación de máscaras y dispositivos especiales— en tanto y en cuanto ello permitirá reducir el tiempo unitario de transformación propiamente dicho.

b) Carga y descarga de la pieza en la máquina

c) Transformación propiamente dicha

Se trata de la acción en sí de arranque de viruta, soldadura, etc. La velocidad de ejecución de la acción será función de: i) restricciones manuales —dependientes de la habilidad del operador— y, ii) restricciones técnicas —dependientes estas últimas de: 1) la máquina (su edad, la fuerza del motor, etc.), 2) el tipo de metal que se está trabajando, 3) la herramienta empleada, 4) el lubricante[20] que se usa, 5) la complejidad de la acción a ser ejecutada, 6) el nivel de tolerancia admisible, etc.

d) Inspección y control

Abarca las acciones de control que ejecuta el operador, más allá de los controles de calidad programados en el proceso.

---

tivo y menos capital de trabajo en inventarios, partes y subconjuntos en proceso de elaboración. Resulta interesante mencionar aquí que las plantas japonesas de ensamble de automotores, que por supuesto son altamente automatizadas y de proceso continuo, sólo trabajan con una hora de inventarios y materiales en proceso, en la medida en que los proveedores de partes e insumos llegan innumerables veces al día hasta la misma línea de montaje, evitando así los stocks y los almacenes.

[20] "Water-Based Cutting Fluids cut Machining Costs. Switching from neat cutting oil to water-based coolants helps to reduce production costs —and conserves oil—". *Machine Tool Review,* Vol. 63, Nº 363 & 365, Coventry, Inglaterra, 1975.

En términos generales, podemos afirmar que la ingeniería industrial dispone de estimaciones estándar del tiempo de preparación de máquinas, carga y descarga, transformación, etc., que se requieren para llevar a cabo determinado tipo de actividad, dados el equipamiento, las condiciones de funcionamiento del proceso (lubricantes, herramienta de corte, etc.)[21]. Además de dichas estimaciones de carácter teórico y general cada establecimiento tiene —o debería tener— sus propios estándares de tiempo. Los mismos sirven no sólo para evaluar la performance relativa del establecimiento, y sus cambios a través del tiempo, sino que además constituyen la base sobre la cual se construye toda la escala de remuneración del plantel operario, los premios por rendimientos físicos superiores al estándar, los límites asequibles de mejora de productividad física que no van en detrimento del tiempo mínimo necesario de transformación que asegure un nivel dado de calidad en la tarea, etc.[22].

A los efectos del presente examen —en el que nos interesa mostrar la relación que existe entre el equipamiento a ser elegido por una planta metalmecánica dada y el tipo y volumen de producción encarada por la misma— el hecho central que interesa recalcar es que el tiempo de preparación de máquinas, que puede llegar a constituir una proporción significativa del tiempo total de transformación, constituye una carga fija e independiente del tamaño del lote, razón ésta por la cual la incidencia de éste sobre el costo unitario de producción dependerá justamente del número de piezas que habrán de fabricarse una vez preparada la máquina, o sea del **tamaño** del lote.

¿Cómo influye el tamaño del lote sobre el tipo de equipamiento elegido por una planta dada?

Suponiendo que se trata de producir una o dos unidades de una pieza poco sofisticada, una máquina manual de tipo universal —por ejemplo, un torno paralelo, una agujereadora, etc.— resultaría suficiente. El tiempo de preparación de la máquina sería relativamente bajo, pero el de transformación propiamente dicha más alto. Dado el bajo costo relativo de la máquina involucrada en la tarea en cuestión, es probable que ésta sea la elección técnica más justificada.

Dicha situación límite —en que la selección de equipos es relativamente sencilla— sufriría modificaciones en función de, al menos, dos hehos específicos. Por un lado, la complejidad de la pieza a ser elaborada, y, por otro, el tamaño del lote y/o el número de órdenes anuales de la misma pieza.

El primero de dichos casos puede ejemplicarse con el conocido ejemplo de la industria aeroespacial donde muchas formas eran prácticamente imposibles de lograr a partir de un operador y una herramienta convencional. La aplicación de equipos sofis-

[21] Véase, por ejemplo, W. A. Nordhoff, *Machine Shop Estimating,* McGraw Hill, 1947. Citado por A. S. Manne & H. M. Markowitz (Ed.) en *Studies in Process Analysis. Economy-Wide Production Capabilities,* Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University; John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1963.

[22] De más está decir que no todos los establecimientos fabriles examinados en el marco de esta exploración contaban con elencos técnicos, instrumental, etc., como para elaborar tiempos estándares. Su ausencia revela una significativa carencia de información tecnológica por parte de la firma. Es importante observar también que hemos encontrado una diversidad de situaciones intermedias en las que la empresa contaba con tiempos estándares para ciertas actividades y no para otras, razón por la que nos parece conveniente hablar de un "continuum" caracterizado por distintos grados de información tecnológica —más que de dos situaciones extremas únicas— y de una gradual transición desde situaciones de bajo nivel tecnológico a tras de mayor sofisticación técnica en las que la empresa posee un estándar teórico con el que controla todas, o la mayor parte, de sus operaciones unitarias.

ticados de control numérico y de maquinaria programable de manipulación y control, resultó aquí justificada en función de la complejidad técnica de las piezas a producir y de los límites de tolerancia requeridos. De la misma forma, un aumento significativo en el volumen de producción –vía mayor tamaño de lote y/o un mayor número de órdenes anuales de la misma pieza– justifica, primero, el mayor esfuerzo de preparación de la máquina, a través de la confección de máscaras y dispositivos especiales y, en caso de que el volumen de producción sea aún mayor, la incorporación de equipos de mayor nivel de complejidad y automatización. En el límite –cuando se trata de una producción masiva– se justifica el uso de una máquina altamente automatizada, especialmente diseñada con el propósito de fabricar una pieza o componente particular[23]. Ello podría ser una máquina transfer o una "isla" reprogramable de máquinas con comando número y manipulación de piezas a cargo de un robot.

El gráfico I.1, tomado del estudio de A. Gebhardt y O. Hatzold sobre difusión de equipos de control numérico en Europa, describe la relación, presentada en términos verbales en párrafos anteriores, entre formas de equipamiento, tamaño de lote y número de órdenes anuales, dada la complejidad de la tarea a ser realizada.

El gráfico permite ver que lotes muy pequeños –1 a 20 unidades– repetidos entre 1 y 5 veces en el año, pueden ser económicamente fabricados en base a equipos simples de carácter universal. Manteniendo constante la pieza en que se basa el cálculo, observamos que lotes mucho mayores –entre 100 y 1.000 unidades– repetidos más de 5 veces en el año, justifican la instalación de una máquina automática específicamente diseñada para producir la pieza en cuestión. Finalmente, lotes de tipo intermedio, o más pequeños, pero repetidos 10 o más veces en el año, tornan rentable el uso de equipos de control numérico. Todo lo anterior presupone como dada la complejidad de la tarea, la calidad a ser alcanzada, etc. Incrementando la complejidad de la pieza a ser fabricada, por ejemplo, el uso de control numérico se justifica aun en volúmenes más pequeños de producción.

El análisis, hasta aquí verbal, de selección de técnicas, puede formalmente plantearse de la siguiente manera:

Supongamos que denominamos "punto de indiferencia" a aquel en el que se igualan el costo horario de producir con control numérico con el costo horario de hacerlo en un equipo convencional, divididos respectivamente por la cantidad de piezas producidas por hora con una y otra técnica. Esto es:

$$\frac{CH_{cn}}{U_1} = \frac{CH_{mc}}{U_2} \qquad (1)$$

Donde:

CH_{cn} es el costo horario de máquina de control numérico.

CH_{mc} es el costo horario de máquina convencional.

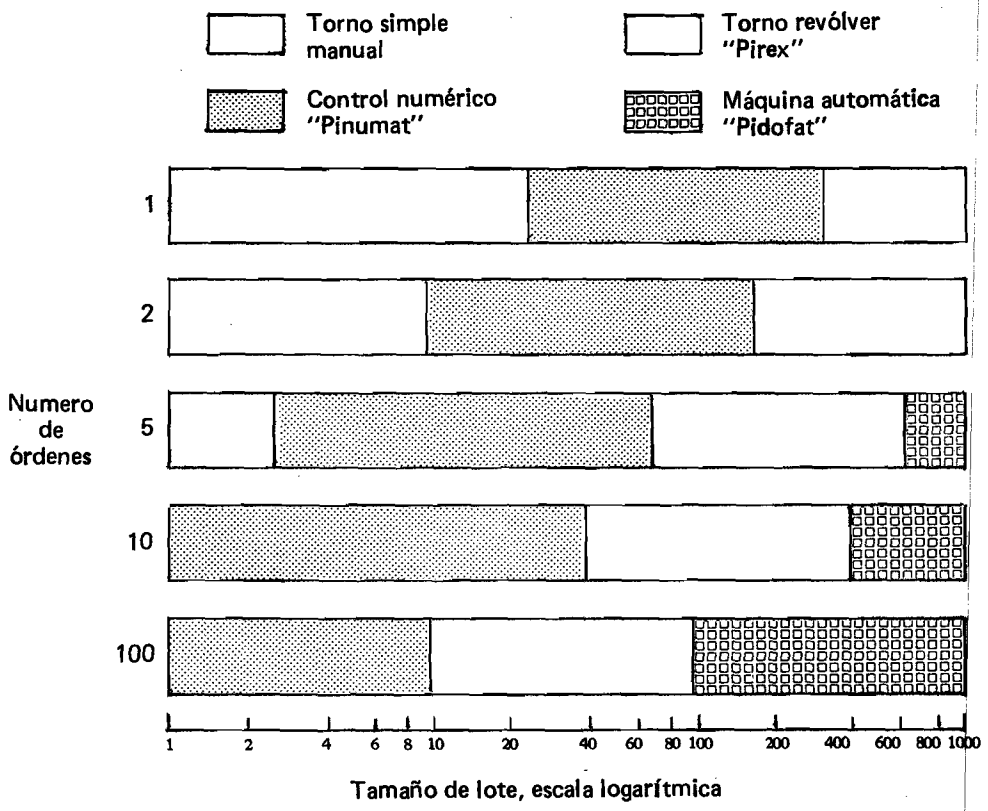
U_1 cantidad de piezas producidas por hora en la máquina de control numérico.

U_2 cantidad de piezas producidas por hora en la máquina convencional.

[23] A. S. Manne & H. Markowitz (Ed.), 1963, op. cit.

GRAFICO I.1

Costos mínimos en equipamientos alternativos en función del tamaño del lote y del número de órdenes en el año



Fuente: Citado por A. Gebhardt y O. Hatzold: Numerically controlled machine tools. En: (Ed.) L. Nabseth and G. F. Ray: *The diffusion of new industrial processes.* Cambridge university Press, 1974.

La expresión correspondiente al costo horario puede ser escrita de la siguiente forma:

$$CH = \frac{C}{TH_c} \quad 1 + \frac{i}{2} (T +) \quad CMD \qquad (2)$$

Donde:

C es el Precio de Compra de la Máquina.

i es la tasa de interés anual.

T es el período de amortización de la máquina.

H_c es el número de horas efectivamente trabajadas por año por la máquina.

CMD es el costo de mano de obra directa, el que incluye al operario en sí, más la alícuota de supervisión requerida, de costos de programación (para el control numérico), de herramental consumido, etc.

Dicha expresión nos permite calcular CH_{cn} y CH_{mc} reemplazando los valores correspondientes al precio de compra de uno y otro tipo de máquina y el CMD involucrado en una y otra técnica productiva.

Reemplazando los valores así calculados en (1) y pasando U al otro término podemos despejar el valor límite aceptable de CMD a partir del cual se justifica el uso del control numérico. En términos de la nomenclatura hasta aquí utilizada escribiríamos:

$$CMD_{cn\ límite} = \frac{R}{R(F-1)}\left(\frac{C_{cm}}{R} - C_{mc}\right) \frac{1 + \frac{i}{2}(T+1)}{T H_c} \qquad (3)$$

Donde:

$CMD_{cn\ límite}$ es el costo de mano de obra directa de la máquina de control numérico que expresa la condición de indiferencia en la elección de la alternativa CN vs. convencional.

R es la relación de productividad (U_1/U_2)[24].

F es la relación de costos de mano de obra directa de máquina convencional respecto a la de CN.

C_{cm} es el precio de compra de la máquina de control numérico.

Cmc es el precio de compra de la máquina convencional.

i es la tasa de interés anual del capital.

T es el período de amortización de la máquina.

HC son las horas trabajadas anuales por la máquina.

Observamos en (3) que bajo la decisión de incorporación del control numérico subyacen variables de tipo tecnológico y parámetros de índole financiera. Entre los primeros cabe mencionar: a) la relación de costos de mano de obra directa más gastos de operación existente entre la máquina convencional y la de control numérico (F), b) la

[24] En modelos de este tipo en general no se toma en cuenta el tiempo de aprendizaje que se requiere para usar el equipo de control numérico correctamente. Dicho aprendizaje podría incorporarse suponiendo, por ejemplo, que la relación U_1/U_2 crece al segundo o tercer año de incorporación del equipo de control numérico. Un ejemplo semejante relacionado con el uso de CAD (Computer Aided Design) ha sido recientemente presentado por P. Senker en "Implications of CAD/CAM for Training in the Engineering Industry, mimeo, Sussex University, Science Policy Research Unit/SPRU, julio 1982.

relación física de productividad horaria observable entre ambas máquinas, $R = U_1/U_2$, c) el precio de compra de uno y otro tipo de equipo (C). Entre los segundos aparece la tasa de interés. También inciden en el cálculo: i) las horas previstas de trabajo anual y, ii) el período de amortización del equipo u horizonte de planeamiento de la firma (T); variables ambas relacionadas con el tamaño y ritmo de expansión del mercado, la viabilidad de ganar mercados exteriores, etc.

Tanto los incrementos en el CMD, como el aumento en la brecha de productividad física que separa al equipo de control numérico de la máquina convencional, como una caída en el precio de compra del control numérico respecto al equipo convencional, favorecen la sustitución de aquél por este último. En la misma dirección —esto es favoreciendo la incorporación del control numérico— inciden una caída en la tasa de interés, un aumento en el número de horas trabajadas anualmente por la máquina y una extensión del período de amortización y horizonte de planeamiento de la empresa. Contrariamente a lo anterior, reducciones en el CMD, encarecimientos relativos del equipo de control numérico, aumentos en la tasa de interés, reducciones en el número de horas trabajadas anualmente y acortamientos en el horizonte de planeamiento de la empresa afectan negativamente la incorporación de control numérico vis a vis equipos de tipo convencional[25].

Hasta aquí lo relativo a los determinantes del nivel de automatización con que opta por trabajar un dado establecimiento fabril. Otro rasgo que incide significativamente sobre la tecnología empleada por este tipo de empresas es la disponibilidad de mano de obra calificada.

5. Disponibilidad de mano de obra calificada, como determinante del equipamiento empleado

El equipamiento simple, de carácter universal, usa de manera intensiva mano de obra calificada, alguna de ella de naturaleza casi artesanal. Por el contrario, los equipos automatizados y las líneas transfer permiten reemplazar a dichos operarios calificados —cuya formación puede demandar 4 o 5 años— por personal de mucho menor calificación, cuya formación puede conseguirse en algo menos de un año. En entrevistas de campo llevadas a cabo durante la realización de los estudios de campo posteriormente examinados en el capítulo segundo, fue detectado un caso en el que, a través de la introducción de equipos de control numérico, resultó posible sustituir 44 obreros calificados por aproximadamente 20 operarios de equipos automáticos, en tanto que, en otro caso, 21 operarios de equipos de control numérico cumplen hoy con la tarea que previamente cubrían 63 obreros torneros calificados[26]. Además de los operarios directos, dichos

[25] Es importante observar que mientras que a través de H_C entran en la decisión de incorporación del control numérico hechos inherentes al nivel general de actividad económica, por vía de la relación U_1/U_2 lo hacen todo lo concerniente al diferente tiempo unitario de preparación de la máquina y de transformación del metal que subyacen bajo una y otra técnica así como el diferente tamaño óptimo de lote referido a uno y otro tipo de equipamiento. Véase A. Castaño, J. Katz, F. Navajas, "Etapas históricas y conductas tecnológicas en una planta argentina de máquinas-herramienta", *Monografía de Trabajo Nº 38,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1981.

[26] S. Jacobsson, "Technical Change and Technology Policy. The Case of Numerically Controlled Lathes in Argentina", mimeo, Lund, Sweden, 1981, p. 12. Una segunda versión de este trabajo

equipos de control numérico reclamaron instructores calificados y programadores. En términos aproximados, se estima que entre 6 y 8 máquinas de comando numérico son atendidas por un instructor y un programador. En consecuencia, el cambio de una a otra tecnología trae aparejado un cambio en la naturaleza de las calificaciones —indirectas por directas— así como también una reducción en el uso de obreros directos, que puede estimarse en algo entre un medio y un tercio.

El análisis del párrafo anterior sugiere que el equipamiento con comando numérico adquiere relativamente más importancia en aquellos países en los que la oferta de obreros calificados es relativamente reducida y, consiguientemente, su salario es relativamente más alto. En la misma dirección —esto es, favoreciendo un mayor uso relativo de equipos de este tipo— actúan todas aquellas situaciones del mercado de trabajo que impiden —o dificultan— la operación continua con turno nocturno[27].

En la literatura internacional reciente el tema del "turno nocturno" ha sido identificado como uno de los principales determinantes del creciente interés por incorporar robots y otras formas de automatización del proceso productivo, interés hoy muy manifiesto en diversos países desarrollados. Al respecto nos dice S. Jacobsson: "En economías donde la utilización plena del equipo de capital fijo resulta dificultosa por la falta de obreros dispuestos a trabajar el turno nocturno, o por otros motivos semejantes, los robots permiten eliminar dicha restricción institucional"[28].

Cerramos aquí nuestros examen de las diversas variables que inciden sobre las varias formas de equipamiento y niveles de automatización admitidas por la tecnología metalmecánica. Al igual que lo que ocurre en materia de equipamiento, la tecnología metalmecánica admite muy diversas formas de organización industrial y distintos grados de integración vertical, desde la más completa autoprovisión de partes y piezas hasta la cuasi total subcontratación de las mismas. Cuál de dichas opciones elegir constituye una compleja pregunta técnica que debe ser contestada en función de un cálculo explícito de rentabilidad empresaria. La elección, a su vez, tendrá profundas implicancias para el desarrollo de la capacidad tecnológica local y para el patrón de división social del trabajo. Veamos a continuación estos temas.

---

ha sido publicada como *Monografía Nº 44* del Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, marzo, 1982.

[27] El tema de las dificultades en el mercado de trabajo constituye una fuente permanente de preocupación en el seno de diversos países desarrollados, por ejemplo Suecia, Gran Bretaña, en los que el creciente nivel de ausentismo se ha transformado en un factor francamente decisivo en la sustitución de capital por trabajo. Distintos grupos corporativos europeos están intentando replanteos profundos en la organización del trabajo a fin de contrarrestar dicha tendencia. Un mayor uso de equipos de comando numérico, intentos de reemplazar la "línea" de producción continua —que, se supone, engendra tendencias negativas en el cumplimiento laboral— por "islas" flexibles robotizadas, y otras acciones semejantes parecen estar surgiendo como respuesta al problema mencionado. Véase, por ejemplo, Berth Jonsson, Corporate Development AB VOLVO; "Corporate Strategy for People at Work. The Volvo Experience"; mimeo, International Conference on the Quality of Working Life, QWL and the 80's; Toronto, Canadá, agosto 30-setiembre 3, 1981.

[28] Véase S. Jacobsson, "Problems and issues concerning the transfer, application and development of technology in the capital goods and industrial machinery sector", *UNCTAD TD/B/C.6/AC. 7/3,* mayo, 1982, p. 18.

6. Subcontratistas

Otro de los rasgos básicos que caracteriza a la tecnología metalmecánica es el del amplio espectro de relaciones de subcontratación que la misma permite. Ellas se originan en el complejo "árbol de componentes" y subprocesos que conforman la actividad del sector, hecho que da pie a la existencia de plantas y talleres especializados tanto en la fabricación de partes y componentes particulares como en la realización de procesos unitarios específicos, tales como la fundición, la forja, el tratamiento térmico, etc.

Exploraremos en esta sección algunos aspectos del contenido económico y tecnológico de dichas relaciones de subcontratación.

En un modelo de competencia perfecta en el que actúan numerosos compradores y vendedores indiferenciados, cada agente económico obtiene, por vía del sistema de precios, toda la información que necesita. En dicho modelo no hay costos de transacción y cada firma maximiza sin recurrir a más datos que los que le proporciona el mercado. No existe en ese caso formas directas de interdependencia entre empresas.

Es obvio sin embargo que en un gran número de mercados emergen diversas formas de coordinación interempresaria cuyo contenido económico resulta importante estudiar. En un trabajo reciente S. Lall dice: "Hay dos posibles alternativas. La primera es que los costos de coordinación de firmas independientes sean tan altos que se justifique la internalización completa del mercado por vía de la integración vertical. La segunda implica que las ventajas de la independencia comercial superen a las de la internalización completa, pero que se justifique recurrir a la coordinación como medio de superar las imperfecciones del mercado"[29]. Y agrega: "La integración vertical resulta de un fracaso completo del mecanismo de mercado, mientras que las varias formas de coordinación interempresaria devienen de un fracaso parcial del mismo".

H. Pack ha expresado un concepto parecido en forma algo diferente. Según este autor: "La firma no habrá de incursionar en el campo de la subcontratación salvo que el diferencial entre los costos marginales de fabricación interna y externa, vis a vis los costos marginales de organización y coordinación del aprovisionamiento interno y externo así lo justifiquen". En otros términos: salvo que $C'_i > C'_e - (P'_i - P'_e)$ la firma no intentará subcontratar[30].

Ahora bien, a fin de profundizar la exploración de este tema, conviene preguntarnos aquí qué hechos o rasgos económicos subyacen bajo la ecuación anterior.

La relación de subcontratación supone la presencia de, al menos, dos agentes económicos. Uno de ellos, el subcontratante, debe poseer habilidad suficiente como para coordinar el abastecimiento externo de partes, componentes, etc. de forma tal que el mismo resulte rentable. Ello necesariamente implica obtener precios, patrones de cali-

[29] S. Lall, "Linkages Revisited", mimeo, Oxford, 1980.

[30] H. Pack, op. cit., 1979. Donde:

C'_i — costo marginal de coordinar la producción interna.

C'_e — costo marginal de coordinar la producción externa.

P'_i — costo marginal de producción interna.

P'_e — costo marginal de producción externa.

dad, seguridad de cumplimiento de entregas, etc., al menos similares a los involucrados en la autoproducción. La otra parte contratante —el subcontratista— debe ser capaz de cubrir dichos requerimientos en forma fehaciente y sistemática.

Podemos intuitivamente comprender que las relaciones de subcontratación pueden involucrar aspectos técnicos, financieros, organizativos, etc. e incidir profundamente en los derechos de propiedad sobre la información técnica, el capital empresario del subcontratista, etc. También puede intuitivamente comprenderse que necesariamente habrán de aparecer problemas relativos a la formación de precios y a la apropiación de rentas empresarias derivadas de la actividad productiva del subcontratista. En principio, y por tratarse de relaciones contractuales donde las reglas competitivas sólo funcionan muy imperfectamente, existe un amplio margen para la negociación entre las partes involucradas, negociación que puede dar pie a acuerdos de muy diversa índole, dado el rango más o menos amplio de posibles situaciones de equilibrio. Dicho acuerdo no sólo habrá de involucrar precios sino una extensa gama de detalles complementarios[31].

Veamos algunos de los temas normalmente presentes en tales relaciones de subcontratación.

a) Aspectos técnicos

Resulta frecuente que la actividad del subcontratista reclame un componente de información técnica —planos, especificaciones de diseño, normas de calidad, etc.— **inicial**, así como también un flujo de información técnica **incremental** que le permita al subcontratista moverse al unísono con los cambios tecnológicos introducidos por la firma subcontratante. La cooperación y coordinación entre ambos resulta aquí necesaria a fin de cubrir imperfecciones en la difusión de información. Literalmente no hay forma en que el mercado puede proveer a tiempo la información necesaria para que la operación de ambas firmas ocurra eficientemente sin acuerdos previos.

Es obvio que al margen de cuestiones inherentes a la difusión de información técnica median también importantes cuestiones inherentes a la apropiabilidad de los beneficios de la misma. El subcontratante puede (o no) ceder al subcontratista activos intangibles expresados bajo la forma de información técnica. El precio de venta de dichos activos puede diferir ampliamente del precio de compra de los mismos abriendo ello un amplio margen de negociación entre las partes contratantes y un espectro también grande de posibles situaciones de equilibrio. Dada la naturaleza altamente idiosincrática de cada relación contractual podemos imaginar una diversidad de casos en los que las rentas subyacentes se dividen de distinta manera entre subcontratantes y subcontratistas, dependiendo ello de la estructura del mercado de subcontratistas, del "poder de negociación" de la firma principal vis a vis sus propios demandantes, etc.[32].

A su vez, también puede verse que las relaciones de propiedad que median entre la empresa principal y el subcontratista, y el grado de control que éstas permiten, también influirán decisivamente sobre el cariz de cada relación contractual. En términos

[31] J. Katz, *Importación de Tecnología, Aprendizaje Local e Industrialización Dependiente:* Fondo de Cultura Económica, México, 1974, p. 24 y sigs.

[32] En un trabajo anterior he presentado un modelo geométrico sencillo que puede ser aplicado al presente caso. Véase J. Katz, op. cit., 1974.

generales puede suponerse que un subcontratista "cautivo" tendrá mayor acceso al stock de información tecnológica del subcontratante –generándose así mayores externalidades– que un subcontratista independiente, que puede operar libremente en el mercado. Sin embargo, tener mayores oportunidades de captar externalidades en términos de información tecnológica no necesariamente implica tener la posibilidad de apropiarse de los beneficios de la misma, en tanto y en cuanto esto último dependerá del mecanismo de formación de precios que media entre ambas firmas, y de las relaciones de propiedad subyacentes.

b) Aspectos económico-financieros

Más allá de lo estrictamente tecnológico –que describimos como el "paquete" de información técnica involucrada en planos, fórmulas, instrucciones de fabricación, manuales de ingeniería, etc.– la relación entre una firma terminal y un subcontratista también puede estar referida a aspectos productivos, financieros –préstamos de capital accionario y/o de trabajo– flujos de inversión –monto y naturaleza del output mix del subcontratista–, etc. Nuevamente aparece aquí el caso límite del subcontratista "cautivo", el que debe verse como un apéndice operativo de la firma principal, que es la que en realidad decide volumen de producción, condiciones de venta, etc. En el otro extremo hallamos la situación del subcontratista independiente que opera libremente en el mercado y que decide su plan de producción, inversiones, etc. con relativa prescindencia de la firma terminal.

Ahora bien: una firma metalmecánica de cierta dimensión que decide operar en base a subcontratistas puede, normalmente, relacionarse con decenas (o hasta centenas) de talleres proveedores de partes y componentes o con plantas encargadas de llevar a cabo procesos específicos como son la fundición, el tratamiento térmico y otros.

No hay razón alguna para que las condiciones contractuales inherentes a un acuerdo cualquiera se repitan en los demás convenios efectuados por la firma.

En cada caso particular la morfología del submercado específico en que opera el subcontratista, el diferencial de costos que media entre el aprovisionamiento interno y externo, el mayor o menor grado de importancia de la pieza, componente o proceso y el grado de dependencia que ello trae aparejado, etc. habrán de incidir sobre el "poder relativo" de negociación de ambas partes, sobre el precio final y sobre las demás condiciones a que finalmente se acuerda la operación. Dado que muchas veces simplemente no existe un "precio de referencia" y que el rango de posibles situaciones de equilibrio es amplio, el resultado de cada relación de subcontratación no es fácil de decidir a priori. En algunos casos el subcontratista es un mero "tomador" de precios, transfiriendo buena parte de su renta a la firma terminal mientras que en otros casos pueden resultar situaciones opuestas en las que resalta la debilidad relativa de la firma terminal.

Justamente es la diversidad de situaciones posibles la que hace que el manejo de una política global de subcontratación sea un complejo problema de organización y planeación de la producción desde el punto de vista de la firma terminal, requiriéndose con frecuencia de un departamento técnico especializado capaz de conducir simultáneamente un elevado número de acuerdos de producción externa a la firma, balancear las entregas de dichos proveedores externos de forma tal de minimizar los costos innecesarios de stocks, los riesgos de desabastecimiento, etc.

En países desarrollados el empleo de subcontratistas constituye una práctica frecuente. H. Pack, citando una tesis doctoral de M. Frankena, indica que: "Sobre el fin de los años 1960 el mayor fabricante de máquinas herramienta de la India sólo adquiría externamente 10 % de sus insumos mientras que una firma semejante en Europa Occidental alcanzaba al 40 % de su aprovisionamiento externo"[33].

Tal como lo sugiere la información recogida en nuestros estudios de campo, el empleo de subcontratistas resulta mucho menos frecuente en el mundo semi-industrializado, siendo ello válido aun en el caso de subsidiarias locales de firmas multinacionales, las que en contextos económicos menos desarrollados abandonan prácticas de subcontratación típicas de sus casas matrices y operan en base a coeficientes mucho mayores de integración vertical. Dichos coeficientes tienden a parecerse a los empleados por empresas de capital nacional.

Es importante observar que el tema de la subcontratación no acaba aquí. Si bien es cierto que el nivel inicial de la misma en países de menor desarrollo relativo es significativamente más bajo que en países desarrollados no es menos cierto que las prácticas de subcontratación tienden a afianzarse y desarrollarse a través del tiempo, ello como reflejo, por un lado, de la gradual maduración del sistema productivo en su conjunto, y, por otro, de los esfuerzos deliberados llevados a cabo por las firmas terminales para liberarse sucesivamente de tareas intensivas en mano de obra o técnicamente muy disímiles de su campo de especialización. Dicha descentralización productiva y el desarrollo de nuevas formas organizativas y de mercado han sido registradas en un buen número de los estudios de casos llevados a cabo en el marco de la presente exploración. La aparición, y el desarrollo, del "tercerista", o empresa familiar ligada a una o más terminales por relaciones de subcontratación, debe verse como un proceso que toma forma a través del tiempo, más que como un estadio final dado. Es parte del fenómeno madurativo macrosocial que constituye eje y centro del diagnóstico aquí presentado de la metalmecánica latinoamericana. La naturaleza cíclica de la actividad económica agregada así como la mayor o menor certidumbre acerca del nivel futuro de dicha actividad inciden sobre las pautas generales de subcontratación vigentes. Hemos observado, y examinaremos con mayor detalle en capítulos futuros, que sobrellevan mejor las fases recesivas de la economía aquellas firmas que al inicio de la contracción, operan con un mayor nivel de subcontratación y que pueden así descargar el peso de la recesión sobre sus proveedores, al tiempo que también hemos registrado disminuciones marcadas en el nivel de subcontratación —o, incluso, el pasar a actuar como subcontratistas de terceros— durante la fase recesiva del ciclo.

Esto sugiere que en lo relativo al tema de la subcontratación conviene distinguir entre fenómenos de largo plazo —que involucran la gradual maduración del aparato productivo y consolidación de las relaciones de subcontratación— y circunstancias del corto plazo, inherentes al ajuste cíclico. Bien puede observarse una vuelta atrás en materia de integración vertical como respuesta empresarial a la contracción económica sin que ello cuestione la tendencia general de largo plazo a ir aumentando las relaciones de subcontratación prevalentes en la economía.

[33] H. Pack, op. cit., 1979, p. 18.

7. Recapitulación final

Cerramos aquí el presente capítulo introductorio destinado a familiarizar al lector con la tecnología metalmecánica, con las distintas formas de organización del proceso productivo que prevalecen en esta rama de industria y con las variables que determinan tanto el nivel de automatización como el de subcontratación con terceros, elegidos por una dada firma industrial. En base al material hasta aquí presentado podemos ahora proseguir con el examen de varias historias empresarias, las que ilustran en planos concretos de la realidad, lo que hasta aquí hemos visto de manera solamente discursiva.

CAPITULO II

SIETE ESTUDIOS DE CASOS EN LA RAMA METALMECANICA LATINOAMERICANA

El presente capítulo examina siete historias empresarias en el medio metalmecánico latinoamericano. El crecimiento de la productividad laboral y global de cada firma y el proceso de maduración tecnológica que, en cada caso, ha estado asociado a ello, constituyen nuestro centro de interés en los distintos estudios de casos.

La intención del capítulo no es la de alcanzar representatividad muestral. Pese a que hemos tratado de seleccionar trabajos en los que la unidad de análisis fuera, en algunos casos, una firma mediana, de carácter familiar, operando sobre la base de una planta fabril "discontinua", etc., y en otros, la subsidiaria local de una firma transnacional, caracterizada por volúmenes de producción y "lotes" operativos mucho mayores y por una tecnología más automatizada y cercana a la producción "continua", no debe suponerse que dichas tipologías empresarias y de organización del proceso productivo están claramente descriptas en la literatura siendo factible proseguir ya con los grandes estudios muestrales.

Antes bien, el material a continuación presentado debe ser visto como de naturaleza preliminar y tentativa; más como bloques para una futura construcción teórica, que como el resultado de haber mirado al mundo a través de la perspectiva de un paradigma teórico preconcebido.

Recién en nuestro capítulo siguiente —esto es, el tercero— intentaremos tomar distancia con los estudios individuales a efectos de construir las primeras generalizaciones y clasificaciones tipológicas. Se trata, pues de preguntarnos primero acerca de qué es que debemos teorizar si hemos de comprender adecuadamente el mundo industrial latinoamericano y si hemos de arribar eventualmente a un paradigma teórico útil a los fines de la política industrial en dicho medio específico. Lo contrario, esto es, acercarse a la realidad sobre la base de, por ejemplo, las preguntas emergentes del paradigma neoclásico del crecimiento económico, necesariamente implicaría cercenar la realidad circundante suponiendo que el modelo de comportamiento empresario implícito en la teoría convencional de los precios es el modelo universal sobre el que debemos construir y desarrollar nuestro pensamiento.

En otros términos, iniciamos aquí, y a partir de la información de los estudios de casos que siguen, un camino de carácter inductivo que debería, al cabo del tiempo, llevarnos a un escenario teórico alternativo al del modelo neoclásico convencional.

A los fines de esta presentación, los distintos estudios han sido recortados y circunscriptos a un puñado de temas de interés central. En cada uno de los casos se dispone de copia del trabajo completo que da pie a la versión aquí expuesta. El mismo puede ser solicitado por el lector interesado.

CASO Nº 1

UNA EMPRESA MEXICANA FABRICANTE DE PRENSAS Y GUILLOTINAS[34]

Alfonso Mercado

La presente historia industrial examina el desarrollo de una empresa mexicana productora de bienes de capital durante las décadas de los años sesenta y setenta. El caso estudiado es el de una fábrica de máquinas-herramienta de deformación que tuvo una primera etapa virtualmente artesanal, cambió luego de propietarios —incluyendo la entrada de capital extranjero— sobrevivió a una crisis y se consolidó finalmente en el mercado mexicano, exportando últimamente a otros países latinoamericanos. Los problemas económicos que ha tenido que afrontar la firma no son muy distintos de los sufridos por otras firmas mexicanas de máquinas-herramienta y explican, en gran medida, el escaso desarrollo que la producción de estos bienes ha tenido en México.

La trayectoria de la empresa estudiada puede dividirse en tres etapas históricas. Se verá que en cada fase ocurren cambios tecnológicos diferentes, asociados a las diversas condiciones del ambiente micro y macroeconómico por las que va atravesando la firma. El primer período (1959-1963) podría denominarse "etapa artesanal". En esta fase se hacen los primeros esfuerzos por fabricar máquinas manuales para trabajar lámina. En la segunda etapa, que va de 1964 a 1977, la empresa adquiere estructura formal. Una compañía extranjera participa en su propiedad, la controla y la transforma en filial. En esa fase, la firma tiene acceso inmediato a la tecnología de su matriz, produce máquinas más complejas y abre mercados de exportaciones. En la última etapa, después de 1977, un grupo corporativo nacional privado compra las acciones de la empresa y ésta alcanza un progreso espectacular en los años subsiguientes.

1. Etapa artesanal (1959-1963)

1.1. Condiciones generales de la empresa

La empresa fue fundada en 1959 por dos familias y se localizó en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. El capital inicial nacional fue de $ 200.000.00. Básicamente, una de las familias aportó la mayor parte del capital y la otra, los conocimientos técnicos que tenía uno de sus miembros. Este técnico había trabajado en una empresa en Estados Unidos, ajustando y reparando diversas máquinas-herramientas y equipos, particularmente prensas y guillotinas. Originalmente, la empresa era un pequeño taller y comenzó a producir prensas dobladoras, guillotinas, punteadoras eléctricas de arco y herramientas (o "dados") para prensas. El taller ocupaba a unas ocho personas. El mercado inicialmente se reducía a pequeños y medianos fabricantes de artículos de lámina (cajas, portapapeles, etc.) de la región noreste del país.

[34] La presente constituye una versión abreviada del estudio presentado por A. Mercado et. al. y publicado como "El cambio tecnológico en tres plantas metalmecánicas mexicanas" (El caso B), *Monografía de Trabajo Nº 61*, Programa BID/CEPAL CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1982.

CUADRO 1.1

Número de personas ocupadas, stock de maquinaria y equipos, ventas reales y productividad laboral en una empresa mexicana de máquinas herramienta. 1959-1980

(1) (1) Año	(2) Trabajo (a) (índice)	(3) Capital (b) (índice)	(4) Inversión (c) (índice)	(5) Ventas reales (d) (índice)	(6) Productividad laboral (5) ÷ (2) X 100	(7) Mano de obra directa respecto a ocupación total	(8) Máquinas-herramienta adquiridas por año
1959	ND	5	6	ND	ND	ND	6
1960	ND	6	2	ND	ND	ND	3
1961	ND	6	1	ND	ND	ND	2
1962	ND	6	0	ND	ND	ND	0
1963	ND	80	100	ND	ND	ND	13 (e)
1964	ND	131	77	ND	ND	ND	8
1865	ND	137	23	ND	ND	ND	5
1966	ND	127	1	ND	ND	ND	1
1967	100	124	9	73	73	.80	2
1968	97	114	1	92	95	.78	0
1969	100	109	5	87	87	.77	3
1970	103	100	0,3	100	97	.76	0
1971	95	92	0	88	93	.76	0
1972	95	85	0,2	83	87	.76	0
1973	105	88	14	87	83	.78	2
1974	144	82	1	106	74	.79	0
1975	147	116	55	107	73	.78	4 (e)
1976	132	107	0	77	58	.75	0
1977	123	99	0	90	73	.73	0
1978	121	91	0	135	112	.73	0
1979	159	231	198	162	102	.67	6 (e)
1980	220	ND	ND	271	123	.70	ND

(a) Indice del número de personas ocupadas.

(b) Indice del stock de maquinaria y equipo a precios constantes, calculado con la fórmula $K_t = I_t + (1 - d) K_{t-1}$, en la cual K_t es el stock de capital en el año t; I_t es la inversión del año t y d es la depreciación anual, estimada en 0,08. Para deflactar K_t, se utilizó el índice implícito de precios de importación de maquinaria industrial en México calculado con base en los datos publicados en varios números de **Comercio Exterior** (1959-1965 y 1971-1979) y del **Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos** (1966-1970).

(c) Indice del valor anual de la inversión en maquinaria y equipo, deflactado por el índice de precios implícitos citado en la nota anterior.

(d) Indice de las ventas anuales a precios constantes, deflactados por el índice implícito de precios del producto interno bruto de la clase 3616 referida al concepto "otras máquinas y conjuntos mecánicos" del Banco de México, CP (E) 77/22, México D.F., 1977 (período 1967-1970), y del subgrupo 5112/13, correspondiente al concepto "maquinaria para madera y metales y para alimentos y bebidas" de las cuentas nacionales de la Dirección General de Estadística, disponibles en hojas mecanografiadas (período 1970-1980).

(e) En éstos años la inversión se compuso totalmente de máquinas-herramienta.

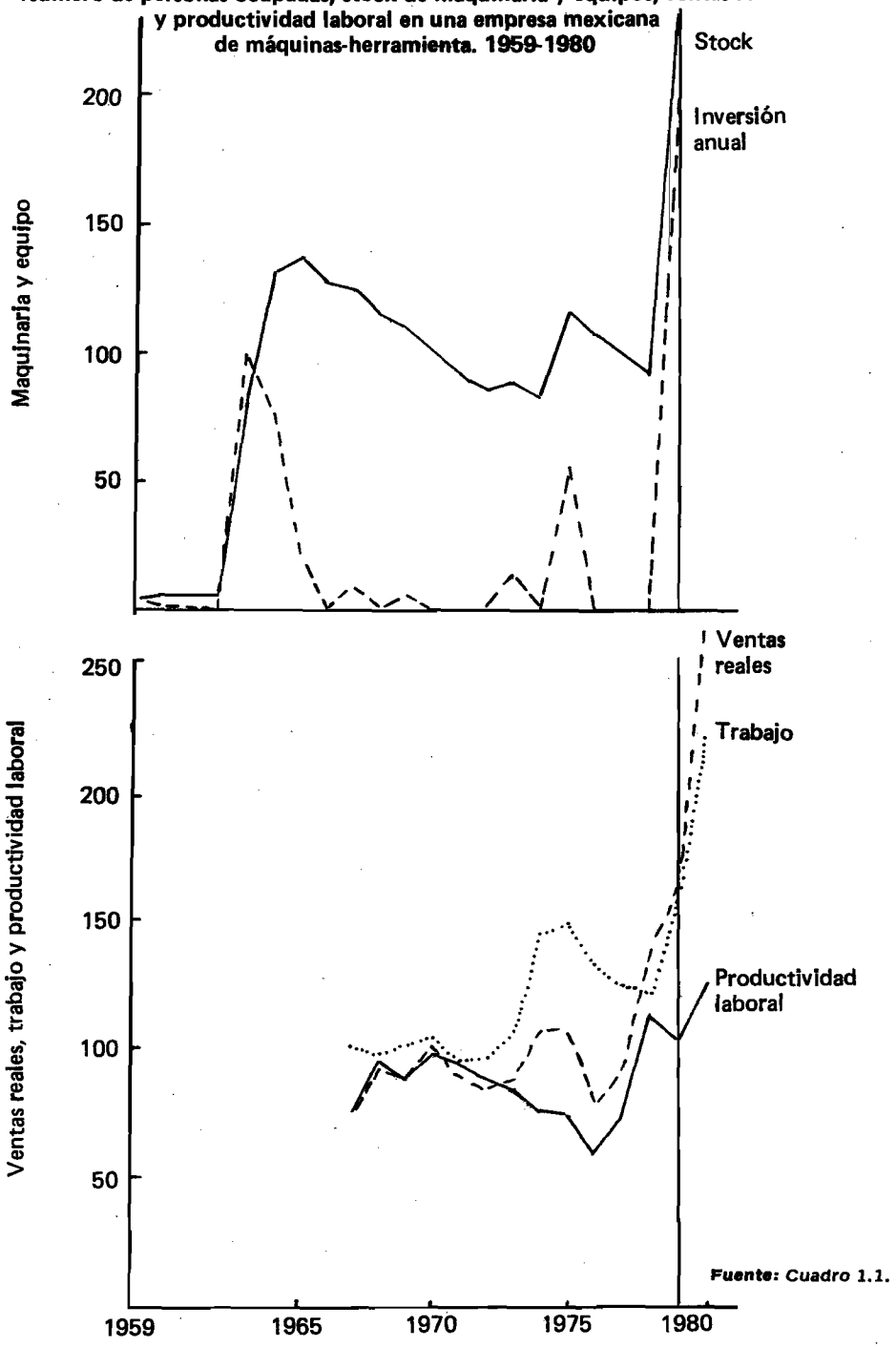
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos del Registro Público de la Propiedad y la Cámara de la Industria de Transformación en las oficinas regionales de Monterrey, N.L., y deflactados con índices implícitos de precios de los conceptos y fuentes citadas en las notas (b) y (d).

En 1962, el capital social aumentó levemente, y la empresa empezó a hacer maquinados subcontratados y a comercializar máquinas y accesorios importados, buscando incrementar sus ingresos y sobrevivir a una falta de pedidos.

Los datos del cuadro 1.1. y el gráfico 1.1. indican que los volúmenes de inversión en este período fueron relativamente bajos, con respecto a los que vendrían años más

GRAFICO 1.1.

Número de personas ocupadas, stock de maquinaria y equipos, ventas reales y productividad laboral en una empresa mexicana de máquinas-herramienta. 1959-1980



Fuente: Cuadro 1.1.

tarde. Este comportamiento corresponde evidentemente a un taller pequeño que luego aumenta notablemente su tamaño, y contrasta con la trayectoria de otros talleres mexicanos que se han instalado con fuertes inversiones iniciales.

1.2. Tecnología de producto

Los productos originalmente fabricados son simples, tal como se aprecia en el cuadro 1.2. La producción de las primeras prensas, guillotinas y soldadoras, todas de accionamiento manual, se basaba en la imitación de otros modelos existentes, con base

CUADRO 1.2

Tecnología de productos y de procesos de una fábrica mexicana de máquinas-herramienta. 1959-1980

Año	Productos nuevos	Cambios en la tecnología de producto	Cambios en la tecnología de proceso
1959-1963	Dobladoras manuales, punteadoras eléctricas de arco, prensa hasta de 50 tns. y "dados".	Máquinas accionadas manualmente. Concepciones de diseños y especificaciones propias, con base en la experiencia del técnico fundador de la firma.	Proceso semi-artesanal. Producción organizada por producto individual. El taller hace maquinados para otros.
1964	Se abandonan las punteadoras. Se incorporan guillotinas de pedal, prensas hasta de 150 tons., cortadoras de lámina con motor eléctrico y cizallas mecánicas.	Cálculos, dibujos y especificaciones de la matriz Estadounidense.	Nuevo "lay-out". Producción organizada por modelo. Importantes inversiones en maquinaria y equipo. Ya no se hacen maquinados para otros talleres.
1969	Se introducen guillotinas y cizallas motorizadas.	Diseños y especificaciones de la matriz Estadounidense.	
1973			La planta se muda de local, cambia levemente "lay-out" y se adquieren unas máquinas más.
1975-1976	Se incorporan prensas hasta de 400 tons.	Diseños y especificaciones de la matriz Norteamericana.	Inversión leve en maquinaria y equipo. Se comienza a subcontratar a otros talleres.
1978	Cizalla hidráulica.	Diseño y especificaciones propios.	Organización por grupos tecnológicos con lotes de varios modelos.
1979-1980	Se abandonan cizallas motorizadas y de pedal. Se incorporan prensas de 25, 55 y 90 tons.	Cambios en diseños anteriores: Menor tamaño y menos peso, a igual capacidad. Modificaciones del personal de la firma.	Se ejecutan las mayores inversiones en maquinaria y equipo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos proporcionados por la empresa.

en la experiencia del socio técnico. En esta persona, por lo tanto, se concentraban los conocimientos en materia de ingeniería de producto. El determinaba los materiales, formas y dimensiones de las piezas, ensambles, acabados, etc., de cada máquina por producir.

1.3. Tecnología de proceso

Así como la tecnología de producto estaba determinada por el socio técnico, éste también decidía los requerimientos de maquinado, soldadura, acabado, etc. así como el tipo de maquinaria y equipo por adquirir y la organización de la manufactura y el ensamble.

El tipo de maquinaria utilizada originalmente era universal, pequeña y simple. El taller tenía, por ejemplo, un esmeril de banco, una segueta mecánica, cepillo de codo, etc. En total, en esta época, la empresa contaba con alrededor de ocho máquinas, de las cuales, solamente una de ellas podía considerarse relativamente complicada tecnológicamente, un cepillo de mesa de 244 cm de capacidad. En los años siguientes al inicio de las operaciones, el stock de máquinas no se amplió mayormente. En 1960 se incorporó, entre los equipos de mayor importancia, un torno convencional para metales, además de equipo de transporte y herramientas auxiliares.

2. Etapa industrial y adquisición parcial por parte de una firma extranjera (1964-1977)

2.1. Situación general de la empresa

En 1964 tiene lugar un cambio importante para la evolución histórica de esta empresa. En dicho año, los socios deciden vender parte mayoritaria del paquete accionario a una firma norteamericana. Al parecer, esa empresa aceptaba invertir en el taller y convertirlo en una planta filial, con el objeto de entrar así al mercado mexicano.

El nuevo socio incrementó el capital social de la empresa en 400 % aproximadamente. La propiedad quedó 80 % en manos del socio extranjero y 20 % de las familias fundadoras. El nuevo socio proporcionó maquinaria y equipo, financió gastos de instalación de la nueva planta y aportó una suma en efectivo, como capital de trabajo. El gráfico 1.1. y el cuadro 1.1. registran el cambio notable que tuvo el taller en su tamaño en 1964 y 1965.

La firma norteamericana transfirió tecnología y marca para un nuevo "mix" de productos. La empresa abandona entonces la producción de punteadoras manuales. Continuó fabricando dobladoras manuales y las prensas originales, y comenzó la producción de guillotinas de pedal y prensas de mayores capacidades, hasta de 150 toneladas (véase el cuadro 1.2.). Con el uso de la marca de la matriz, conocida y prestigiosa en el mercado mexicano, la subsidiaria empezó a ganar mercado. Por ello, dejó de hacer maquinados subcontratados. Siguió llevando a cabo la comercialización de máquinas importadas, pero ahora sólo limitada a productos provenientes de su matriz norteamericana.

En síntesis, en los primeros años de esta segunda etapa, la empresa gradualmente evolucionó desde un establecimiento artesanal a uno formal e industrial, además de haber cambiado su propiedad (antes, nacional y, posteriormente de mayoritario capital extranjero).

A fines de los sesenta, el socio técnico que fundó la empresa se separó de la misma, aparentemente por haber perdido su influencia en la toma de decisiones, incluyendo las de tipo tecnológico. Tras su marginación, decidió crear otra fábrica de prensas y guillotinas en la misma ciudad, y empezó a competir con la firma estudiada. En consecuencia, antes de 1969 la empresa estudiada era el único productor nacional de estas máquinas, pero a partir de ese año emerge un competidor local. Es interesante que el mismo sea un desprendimiento de la misma firma.

Si bien en los primeros años de operación la empresa ocupaba unas 10 personas, a fines de los sesenta empleaba a 60 trabajadores. Luego de las fuertes inversiones de 1963-1965, y después de un lapso de transformaciones organizativas, la ocupación se mantuvo alrededor de esta cifra, de 1967 a 1973. En ese período, la productividad laboral tuvo altibajos. De 1967 a 1970, aumentó; y de 1970 a 1973, bajó (véanse el cuadro 1.1. y el gráfico 1.1.). Estos cambios se asocian a los de la escala productiva y la mezcla de productos. De 1967 a 1970, el volumen de producción creció "pari pasu" con la productividad, para caer en años posteriores. Por otro lado, la planificación de la producción y el manejo de la nueva maquinaria, después de la incorporación notable de equipos, personal y productos nuevos, parece haberse absorbido eficientemente por los trabajadores y los técnicos de la planta, de tal manera que las nuevas rutinas del proceso productivo se ejecutaban cada vez con mayor productividad de 1967 a 1969. Pero luego, en 1970, se incorporó la fabricación de nuevas guillotinas y cizallas motorizadas, requiriendo estos nuevas rutinas de trabajo, lo que tuvo efectos adversos en lo que a productividad laboral se refiere.

En 1973 la planta se mudó a otro local, adoptó un nuevo "lay-out" fabril, adquirió algunas máquinas más y contrató más personal. Ello correspondía a planes de expansión de su venta y de exportación a terceros mercados. De hecho, desde fines de los sesenta (1967, aproximadamente), la firma inició la venta al exterior de dobladoras de lámina manuales. Existían también pedidos de prensas medianas de Venezuela, para ser enviadas en 1974, y se tenían proyectos de seguir exportando, además de expandir las ventas internas. Tal actitud implicaba una lucha decidida con el competidor local por el mercado interno, y una estrategia de mercado a nivel latinoamericano de parte de la matriz para impulsar las ventas nacionales. La empresa decidió en esta época emplear distribuidores de máquinas-herramienta en las principales ciudades de la República. Además, se empezaron a subcontratar maquinados, aproximadamente en 1974, para prensas grandes, con el fin de reducir costos.

Las ventas crecieron de 1973 a 1975, pero aparentemente no lo hicieron a las tasas planeadas. Sus incrementos fueron menores a los aumentos en la fuerza del trabajo. Este hecho, aunado al cambio de "lay-out" y a la incorporación de otras máquinas, ocasionó leves disminuciones en la productividad laboral, la cual ya venía decreciendo desde 1970. En 1975, las ventas reales no crecieron, y en 1976, cayeron, en buena parte debido a la recesión económica general asociada al cambio de Gobierno. Esto obligó a la empresa a despedir a casi 30 % de su personal. Pese a ello la productividad laboral continuó decreciendo.

CUADRO 1.3

Estructura de las ventas de la empresa. 1976-1980

(En porcentajes)

Producto	1976	1977	1978	1979	1980
Prensa de cortina	52	60	47	44	55
Cizallas hidráulicas	-	—	12	13	19
Cizallas mecánicas	6	5	—	12	10
Dobladoras manuales	4	7	12	16	7
Cizallas motorizadas	26	19	16	—	—
Cizallas de pedal	4	2	4	—	—
Dados refacciones	8	7	9	15	9
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por la empresa.

Con relación a esta crisis, es menester señalar que la liberación de las importaciones de máquinas-herramienta procedentes de países latinoamericanos, en el marco de los convenios de la ALALC, ha implicado una competencia intensa de la empresa estudiada con otras de Brasil y Argentina.

El desempeño de la firma a mediados de los setenta fue decepcionante para la matriz. Además de frustrarse sus planes de expansión, ésta tuvo que acceder a disminuir su control del capital accionario de su sucursal mexicana. En efecto, en estos años, la legislación mexicana propició un proceso de nacionalización de la propiedad extranjera en el país. La proporción del capital social que antes pertenecía a la matriz era 80 %. Esta participación fue reduciéndose hasta quedar en 49 % en 1975, aproximadamente.

El año 1977 fue de recuperación. Se logró el mayor volumen de exportación (el 30 % de las ventas). Se vendieron a Venezuela, Centroamérica y Sudamérica prensas de 15, 100 y 400 toneladas de capacidad. Las ventas reales repuntaron y la productividad laboral recuperó su nivel de 1974-1975. Véase el gráfico 1). Por lo tanto, esta época termina con indicios de recuperación, después de haber afrontado una crisis en 1975 y, sobre todo, 1976. Finalmente, en 1977 la empresa ofrecía precios internos ligeramente menores a los del competidor local y similares a los internacionales. Los principales productos eran prensas de cortina y cizallas motorizadas (cuadro 1.3.).

2.2. Cambios en la tecnología de producto

En los primeros años de esta etapa, creció la escala productiva y se empezaron a producir bienes nuevos. La empresa, como filial, tuvo acceso inmediato a la tecnología de la matriz. Esta circunstancia significó un cambio total en el papel desempeñado por el técnico-empresario que participó en la fundación de la firma. El fue desplazado por nuevos técnicos y por la experiencia de la matriz. Este fue un motivo importante para que se separara de la empresa poco tiempo más tarde.

Como la ingeniería básica, los dibujos y las especificaciones de los productos pro-

venían de la matriz, el personal de la subsidiaria se limitaba a interpretar dicha información técnica. No había un departamento de ingeniería de producto ni un área de diseño. Estas actividades se emprendían en las oficinas de la matriz. Ella decidía también los productos y las partes que la filial produciría, de acuerdo con el equipo que ésta ocupaba y la experiencia del personal.

En la planta se maquinaban las partes más sencillas y se ensamblaba la máquina. La firma norteamericana proveía las partes más sofisticadas tecnológicamente, así como los motores y equipos de mando. Con frecuencia se importaba acero, por los problemas con los proveedores nacionales en cuanto a tiempos de entrega y niveles de calidad. El grado de integración era relativamente bajo y la empresa se consideraba básicamente como un taller de ensamble.

Al transformarse la empresa en filial, se ampliaron las posibilidades de diversificar productos y aumentar la producción, en base a la experiencia del personal de la empresa y a la tecnología de la casa matriz.

Aproximadamente cuatro años después de concretada la sociedad con la firma norteamericana, ésta decidió comenzar a traer de la casa matriz, guillotinas más sofisticadas que las de pedal que se producían en la empresa. A juicio de los norteamericanos, este diseño planteaba requerimientos de manufactura que no podía satisfacer la subsidiaria.

Al introducir estas máquinas al mercado nacional, y como resultado de su aceptación, la casa matriz decidió simplificar el diseño original para que pudieran ser fabricadas en México. Fue así que surgió un primer modelo de cizalla motorizada y lo manufacturó la filial en 1969-1970. Sin embargo, a pesar de la sencillez del modelo, las dificultades de manufactura surgieron de las características de los materiales mexicanos. Por ejemplo, el embrague mecánico de esta máquina sufría un fuerte desgaste por el choque de los engranajes. Por lo que requería de un acero más resistente que no se fabricaba en México. El costo operativo de este problema resultaba muy alto, pues al cabo de tres meses el embrague se desgastaba por completo y requería ser sustituido.

Los nuevos diseños integrados a la línea de productos preexistentes correspondían a máquinas de mayor capacidad y automatización que permitieran completar los equipos sencillos que se fabricaban con anterioridad. Se buscaba producir equipos complementarios para trabajar lámina (cortado y doblado).

Estos cambios en los diseños de producto y en la complejidad de manufactura coincidieron con una baja en la escala de producción, a principios de los sesenta, y su efecto aparente sobre la productividad laboral fue negativo (véase el gráfico 1.1.).

En 1974, cuando en la empresa estaba ocurriendo un proceso de renacionalización que implicaba una pérdida de control de acciones por parte de la matriz, cambió la estructura administrativa de la firma y la nueva dirección decidió crear un fondo de reserva interno con el 5 % de las utilidades hasta alcanzar el 20 % del capital social. Entre los propósitos de este fondo se comprendía, por primera vez, el financiamiento de actividades de diseño de prototipos (de los cuales varios continuaban en desarrollo en 1980). Aunque en el uso de estos recursos se dio prioridad a la adquisición y reconstrucción de maquinaria y equipo, de hecho se destinaron fondos al área de ingeniería de producto.

En ese año —1974— un grupo reducido de técnicos que venía trabajando en la empresa empezó a realizar, a tiempo parcial, cálculos, diseños y prototipos de prensas,

cizallas y guillotinas; con el interés de reducir su tamaño y peso, manteniendo constantes la capacidad y resistencia.

Esta etapa concluyó incorporando al "mix" de productos, prensas más pesadas y de mayor capacidad (400 toneladas de capacidad), con diseños de la matriz.

En estos años (1976 y 1977), las prensas de cortina chicas –de 15 toneladas de capacidad– y las cizallas motorizadas eran los principales productos de la empresa (véase el cuadro 1.3.). Las cizallas motorizadas requirieron de diseños especiales, hechos por la matriz. Además de estos bienes, la firma producía dobladoras manuales y "dados" para dobladoras. Las prensas de cortina, particularmente las grandes, disponían ya de mecanismos de control más tecnificado que los del competidor local y mejores tipos de engranajes. Estas partes eran importadas desde la matriz. Los engranajes que se fabricaban en la planta mexicana era los de tipo más pequeño, para cizallas.

2.3. Cambios en la tecnología de proceso

Esta etapa comenzó con una serie de ajustes organizativos y tecnológicos derivados de los cambios ocurridos en la empresa, tanto en su propiedad, en su tamaño y en su naturaleza (de pequeño establecimiento nacional a empresa mediana, filial de una corporación extranjera). Inmediatamente se hicieron inversiones importantes en equipamiento, creció la escala productiva tremendamente, se instaló una nueva administración, se modificó el "lay-out" de planta, se adoptaron nuevas técnicas de maquinado, de mantenimiento, de ensamble, acabado y control de calidad, y se dejó de hacer maquinados para otras empresas. Estos cambios fueron decididos y ejecutados por la nueva administración. De manera similar que en el campo del producto, el técnico-empresario fundador de la empresa fue dejado de lado en esta serie de cambios efectuados en el área del proceso. Evidentemente, el origen de la nueva tecnología de procesos y organización fue la matriz. En el consejo administrativo de la empresa estudiada se designó presidente a un representante de aquélla, el que también ocupaba el cargo de director general de la firma.

Desde fines de 1963 se comenzaron a incorporar nuevas máquinas. Las máquinas adquiridas en los años 1963 a 1965 incluyen varias semiautomáticas, lo cual representó una modernización del taller.

La disposición de máquinas en el nuevo "lay-out" correspondía a una organización funcional. La producción se empezó a planificar por producto, es decir, el tamaño de los lotes dependía del número de máquinas que se debían producir para un solo modelo. A diferente modelo, correspondía un lote diferente. Los lotes eran chicos, aproximadamente de una a cinco unidades. Dentro de la nueva organización fabril se dejó de maquinar órdenes subcontratadas por otras empresas.

El aumento notable en la escala de producción, la adopción de un sistema productivo funcional superior al artesanal y el uso de máquinas más modernas, provocó incrementos en la productividad laboral, de 1966 a 1970.

En 1969 y 1970 se amplió el "mix" de productos. Esto requirió de una mayor flexibilidad en el proceso en sí de fabricación. Este hecho y una baja anual en el volumen de producción, ejerció una influencia importante sobre la productividad laboral

hacia la baja, de 1970 a 1973. En este año, la fábrica se mudó de local y efectuó varias modificaciones en el "lay-out". La escala productiva continuó disminuyendo y el "mix" de productos se amplió todavía más, incorporando máquinas grandes y pesadas que requerían diferentes maquinados que las prensas medianas y pequeñas "tradicionales". Ello dio lugar a que la productividad laboral continuara decreciendo hacia 1976.

La introducción de los modelos más pesados y grandes ocurrió en un ambiente de crisis y de mayor presión competitiva, de tal manera que la empresa decidió en 1974-1975 empezar a subcontratar a otros talleres para el maquinado simple de varias piezas de tales máquinas, que comenzó a fabricar en lotes chicos.

En 1977 aumentó la escala de producción. Se produjeron 130 prensas dobladoras y cizallas. Los lotes fueron de 15 unidades pequeñas y hasta de 3 unidades grandes. La productividad aumentó, recuperando los niveles que se había logrado tres años antes (véase el gráfico 1.1.).

De lo que se ha dicho hasta aquí, se puede identificar un claro "sendero" tecnológico en la conducta histórica de esta firma. Primero pasó por una etapa de recepción de tecnología en "paquete", a través de la relación matriz-filial. Posteriormente, hubo un proceso de aprendizaje y absorción de la tecnología recibida, en el que se aprecia que la productividad laboral fue aumentando. Finalmente, una contracción en la demanda de la empresa, que lleva a reducir paulatinamente su escala productiva y después a despedir el 30 % del personal. Todo esto obligó al personal a "ajustar" la tecnología ya disponible a las nuevas condiciones, buscando una mayor racionalidad, particularmente en materia de organización fabril. Así, se empezó a subcontratar el maquinado simple de piezas grandes. También, es interesante observar la relación que existe entre cambios tecnológicos en el área del producto y, aquellos otros en el área del proceso. Los nuevos diseños introducidos en el "mix" de producción (en 1969-1970 y en 1973-1974) cambiaron la distribución relativa de las cargas de trabajo en los diversos tramos de la planta fabril, "desbalanceando" la línea de trabajo. La caída de productividad laboral puede así comprenderse.

3. Retorno de la propiedad y conducción de la firma a manos del capital nacional (1978-1980)

3.1. Situación general de la firma

Pese a las posibilidades de un repunte en las ventas y la productividad, y a pesar de haber exportado un lote importante de productos, la matriz decidió en 1978 vender sus acciones a un "holding", de capital privado nacional. Este grupo de inversionistas también compró el resto de las acciones que pertenecían a una de las familias fundadoras. En lo que respecta a los motivos de la matriz para ceder sus acciones, además de que el desempeño de su filial mexicana había sido frustrante, ella misma —la matriz— se encontraba con problemas financieros y requería de capital. Había perdido prestigio y mercado en el ámbito internacional, siendo desplazada por oferentes de máquinas más ligeras, modernas y baratas.

Con los nuevos propietarios, la empresa cambió sus directivos y adoptó una nueva

manera de tomar decisiones. En 1979 se efectuó la inversión más elevada, a precios constantes, que ha hecho la empresa en toda su historia.

Además de nacionalizarse y modernizarse, la empresa creció. Sus ventas reales se duplicaron de 1978 a 1980. La productividad laboral alcanzó, en 1978 y 1980, niveles nunca antes logrados, presentando tendencias crecientes (véase el gráfico 1 y el cuadro 1). En este progreso notable, la planta trabajo a escalas productivas que casi duplicaban las anteriores e hizo uso de una mayor racionalidad organizativa. La ocupación aumentó en 80 % entre 1978 y 1980.

En cuanto a su participación en los mercados, la empresa es hoy líder en el de prensas a nivel nacional. Cubre el 60 % de la producción local[35]. En esta rama, es una competidora de cierta importancia en América Latina. En el ramo de las guillotinas, la participación de la firma en el mercado interno se compara con la de su competidora local[36].

La participación de sus exportaciones en el total de ventas fue 12,5 % en 1979 y 6 % en 1980. Directivos de la empresa reconocen que las exportaciones podrían disminuir, si no se modifican sus diseños, reduciendo peso y tamaño, si el precio interno de material básico —acero— continúa siendo mayor que el de Brasil y Argentina[37], y si no racionaliza más su proceso, para bajar costos.

Hoy los clientes de la empresa corresponden a diversas ramas de la metalmecánica. Se encuentran fabricantes de equipos de transporte, la industria automotriz (en general, los armadores como Ford, VW, etc.), fabricantes de cocinas y estanterías (como PM Steel, DM Nacional, Productos Pimienta), paileros (como Cerrey), fabricantes de plataformas petroleras (como el caso de Landermot), otras empresas como Pemex, Ferronales, I. M. Romo, Conductores Monterrey y en general todas aquellas fábricas metalmecánicas y algunos talleres mecánicos de plantas de proceso, que cortan y doblan placa y lámina. De las industrias que absorben la mayor parte de su producción se encuentran en primer lugar: la industria automotriz, en segundo lugar, pailería y en tercer lugar, la industria de la construcción de estructuras metálicas.

[35] Considerando las prensas de importación, además de la producción nacional, la empresa cubre alrededor de 45 ó 50 % de la demanda interna. La competencia extranjera corresponde a equipos provenientes de países miembros de la ALALC. Tal es el caso de las marcas "Diamand" y "Río Negro", de Argentina. Las primeras son consideradas de diseño relativamente antiguo, robustas y muy durables. De Brasil, la marca "Newton" y otras cinco marcas, han penetrado en el mercado nacional sin cargos de aranceles, con base en convenios establecidos entre los países miembros de la ALALC. Recientemente, ha penetrado en el mercado la marca española "Casanova" con prensas de buena calidad y precio.

[36] La participación de productos extranjeros en este rubro es superior. La empresa cubre alrededor de un 25 % de la demanda interna. Los equipos importados son considerados de mayor calidad y mejor precio. Los principales competidores latinoamericanos, con respecto a prensas y guillotinas, son los oferentes de Brasil y Argentina. En general, parece ser que la posición de las empresas de México en el mercado de máquinas-herramienta, respecto a las de estos dos países miembros de la ALALC, es desventajosa. Concretamente, esta circunstancia ha sido adversa para el desempeño de la empresa estudiada, tanto en el mercado mexicano, como en el latinoamericano.

[37] De acuerdo con una investigación reciente que realizó la propia empresa en Venezuela, Colombia y Ecuador, los precios de sus prensas y guillotinas, están por arriba de los de la competencia, y en algunos casos también el de las dobladoras manuales. Sin embargo, a pesar de esto, la empresa sigue exportando debido, en gran medida, a que cuenta con mejores tiempos de entrega que otras empresas extranjeras.

3.2. Cambios en la tecnología de producto

Al desvincularse la empresa del grupo norteamericano se deshizo también la relación tecnológica con aquél. A pesar de ello se siguió usando la marca, porque con ella eran conocidos los productos en el mercado doméstico.

En los años de la "era nacional" se destacan cinco hechos asociados a la tecnología de producto:

- Se crea un departamento de ingeniería de producto.
- Los problemas de costo derivados de los insumos básicos nacionales influyen en la orientación de las actividades de IDE (Investigación y Desarrollo) en la firma. Se busca aligerar el peso y reducir el tamaño, dada la capacidad del equipo.
- Se manufactura en la planta la primera máquina con un diseño propio y se programa el lanzamiento de nuevos modelos propios.
- Se incorporan controles microelectrónicos en algunos productos de la empresa.
- Se busca ampliar el "mix" a otros tipos de máquinas-herramienta de deformación.

Revisemos la evidencia en torno a tales aspectos. Con respecto a la organización formal de la ingeniería de producto, había el antecedente en la empresa, desde 1974, de haberse creado un fondo de reserva interno, en parte para financiar el desarrollo tecnológico, y en ese entonces un grupo de técnicos empezó a trabajar a tiempo parcial para ese fin. Para 1980 ya existían algunos diseños y prototipos propios. Por otro lado, cuando el personal directivo y varios empleados de confianza se separaron de la empresa en el momento que se transfirió la propiedad de la anterior matriz a los nuevos accionistas, quedaron copias de los dibujos de algunas piezas y productos, sin nomenclaturas y faltantes de especificaciones. Esto creó la necesidad de organizar el material y la información existentes, así como de reponer lo faltante. También por esta razón se decidió organizar el departamento de ingeniería referido. Este departamento procedió a organizar una lista de los materiales utilizados, una codificación de partes y componentes y la especificación (incluyendo dibujos) de los procesos detallados para la manufactura de piezas, buscando similitudes de maquinados para determinar lotes "aditivos" de mayor tamaño a los tradicionales[38]. Estas tareas han ocupado la atención de aproximadamente cuatro personas de tiempo completo (un turno) durante todo el año de 1981.

En lo que se refiere a la relación entre los problemas de insumos básicos locales y la orientación de la actividad innovadora de productos, parece reforzar la tendencia que se sigue internacionalmente en el sentido de reducir peso y tamaño. El simple hecho de que la firma produzca máquinas grandes y pesadas, significa que utiliza cantidades de acero relativamente elevadas, y a precios también relativamente altos, en comparación con Inglaterra, Estados Unidos, Brasil y Argentina. Ello implica una desventaja competi-

[38] Los lotes "aditivos" fueron históricamente un primer paso en la evolución de sistemas manufacturados, tendiente a aumentar el tamaño del lote con similitud de maquinados. Los otros pasos en esta evolución racionalizadora fueron dados hacia una mayor "linearización" del proceso productivo en lotes chicos y medianos. En tal evolución han surgido varios tipos de organización fabril intermedios entre el sistema funcional y el lineal, llamados "grupos tecnológicos". Véase E. A. Arn, *Group Technology,* Springer-Verlag, Berlin, 1975. (Prefacio y capítulo 2).

tiva importante, y puede explicar en parte la reciente tendencia hacia la baja de la participación de las exportaciones en las ventas totales de la empresa. Los directivos y técnicos señalan que la mayor parte del insumo es placa de acero, y se quejan de que los proveedores nacionales cometen errores en los calibres y otras especificaciones, los envíos llegan con demora y los precios son altos. Cuando los calibres son diferentes a los requeridos, por ejemplo, la placa tiene que ser cortada, enderezada y cepillada en la planta, antes de ser utilizada directamente en el proceso productivo. Esto significa, evidentemente, más tiempo de trabajo y costos. Por estas razones, el personal de ingeniería de producto fue instruido explícitamente por los directivos para buscar modelos menos pesados y más pequeños. También, la empresa intenta importar materiales siempre que resulte posible.

Con relación al tercer punto de los mencionados anteriormente, referido a la manufactura de modelos propios, se fabricó el primero en 1978. Correspondió a una cizalla hidráulica que fue vendida a un taller que trabaja subcontratado y el cual empezó a utilizar la máquina dos turnos —ocasionalmente, tres turnos—. La máquina presentó fallas que se repararon y fue rediseñada para su ulterior producción. En esta máquina había trabajado con especial atención el grupo de técnicos que inició investigaciones de producto desde la anterior administración. Este producto representa un símbolo de ingeniería propia que distingue el esfuerzo hecho localmente, de los diseños, cálculos e instrucciones traídos de la matriz estadounidense. Examinando el cuadro 1.2., se aprecia que los principales productos eran las prensas y las cizallas motorizadas. También se observa que en 1979 y 1980 ya no se produjeron cizallas motorizadas, y que en 1980 los principales productos fueron las prensas y las cizallas hidráulicas. Varios años antes, la cizalla motorizada requirió ajustes especiales, hechos por ingenieros de la matriz estadounidense, para simplificar su manufactura y que pudiera ser fabricada por la empresa estudiada. Representaba, por lo tanto, un fruto tecnológico de la ingeniería de producto del "socio" extranjero. Las cifras del cuadro 1.2. indican que una vez desligada la empresa de la matriz estadounidense, abandonó la manufactura de ese diseño extranjero especial y promovió, aparentemente con éxito, una nueva línea de productos con ingeniería propia.

En 1981, se tenía planeado lanzar versiones modificadas de prensas dobladoras de cortina de 25, 55 y 90 toneladas. Los ajustes de diseño sustituyen el embrague mecánico por uno de tipo neumático que elimina los problemas de rápido desgaste del embrague y mejora su funcionamiento. En cuanto a la cizalla de pedal se había decidido descontinuarla por costosa, compleja, y poco redituable. La cizalla motorizada estaba por ser sustituida por un nuevo modelo de diseño propio, más sencillo para su construcción.

Con respecto a la incorporación de partes electrónicas en los comandos de las máquinas, ello se efectuó en 1981. Se incorporó un microprocesador en varios modelos de prensas de cortina para un sistema de tope automático. Mediante este microcircuito, la dobladora obtiene una producción rápida y exacta. El microprocesador puede operarse en forma normal desde el control o en forma automática con cada golpe de la prensa. El control puede ser usado para programar una pieza a la vez, o para almacenar hasta 60 programas. Puede retraer el golpe, además de ejecutarlo. También se pensaba aplicar la microelectrónica a los diseños simplificados de cizallas motorizadas, incorporando un mecanismo de control, por medio del cual se regulara la capacidad de corte, flexible

y programable, para placas o láminas de variados calibres, y se pudiera detener automáticamente la máquina. Estas máquinas cortadoras y dobladoras, con controles electrónicos, posiblemente tengan éxito en fábricas de muebles, carrocerías para autos y pailería, que utilicen placas de diversos calibres.

Finalmente, en lo referente al "mix" de productos, la empresa ha estado estudiando la posibilidad de incorporar otro tipo de máquinas-herramienta de deformación, como cortadoras de varilla, cortadoras de tubos y dobladoras de tubos. La empresa sabe que no hay productores locales de estas máquinas y que es grande la demanda nacional, sobre todo la de talleres paileros y fábricas de equipo de proceso. La firma parece aspirar a un liderazgo nacional en máquinas-herramienta de deformación.

3.3. Cambios en la tecnología de proceso

En 1979, un año después del cambio de propietario, la empresa realizó el más alto monto de inversiones hecho hasta la fecha en maquinarias y equipos. Adquirió en ese momento máquinas semi-automáticas y una automática (cuatro cepillos hidráulicos de mesa, una mandriladora horizontal de columna y una transfer que rectifica, mandrila y taladra). Para una planta que históricamente ha sido de tamaño mediano y de equipamiento principalmente universal, esta adquisición significó un gran aumento en su escala productiva y una mayor automatización de sus operaciones. Este hecho, combinado con un mayor volumen de producción, generó incrementos en la productividad laboral hasta niveles nunca antes logrados (véase gráfico 1.1.).

La adquisición de esta maquinaria no implicó una reubicación de las demás en la planta, sino que sólo involucró una extensión del "lay-out" anterior. La organización fabril seguía siendo esencialmente funcional, pero es preciso observar que con este arreglo del equipamiento, se estaba organizando un grupo tecnológico (GT) de tipo centro[39]. Los trabajos del departamento de ingeniería de diseño y especificación de productos, estaban organizando lotes "aditivos", como ya se explicó en la sección anterior, y a mediados de 1981 se tenía el plan de manufacturar tales lotes sin cambiar el "lay-out", sin linealizarlo. Este GT de centro, constituye el grado más elemental, dentro del espectro de varios GT que buscan alcanzar economías de escala para lotes tradicionalmente heterogéneos y de tamaño chico o mediano. Pero es adecuado para plantas que manufacturan un número reducido de lotes y donde la variación es aleatoria según los pedidos que se obtengan. Este GT permite reducir tiempos de preparación de las máquinas, y simplifica el entrenamiento, al asignar los requerimientos similares de maquinado, de acuerdo con los principios de la planificación de las secuencias. Sólo haría falta analizar y planificar inversiones en máquinas-herramienta de control numérico computarizado (CNC) y, particularmente, centros de maquinado, para los diversos programas que implican las distintas familias de piezas similares. Con esta maquinaria se ahorrarían más tiempos de trabajo indirecto, como los de preparación de máquinas y traslado de ma-

[39] Arn distingue tres tipos de grupos tecnológicos: de centro, de célula y de línea. El de centro tiene un "lay-out" funcional pero se manufacturaron lotes "aditivos". El de célula contiene una parte de línea y otra funcional, en tanto que el de línea se compone de varias partes en línea, utilizando todos ellos, lotes heterogéneos "aditivo". Entonces el grupo tecnológico de centro es el más alejado de la línea. Véase E. A. Arn, op. cit.

terial[40]. Los directivos de la empresa entrevistados han hecho este tipo de consideraciones para un próximo futuro.

Aunque la mayor escala productiva, la mayor automatización y la gestación de GT en la planta han sido los principales cambios en materia de la tecnología de proceso, han ocurrido otros menores que no deben ser ignorados. Uno de estos se refiere a la introducción de capacitación formal. Este cambio tiene cierta importancia para la productividad de la planta. La calidad de los productos ha dependido mucho de la destreza del maquinista, porque el maquinado y el ensamble de los productos es variado —según los modelos que se programen— y porque aún no se han utilizado máquinas-herramienta CNC, ni se ha logrado una mayor estandarización (ni se había completado, en realidad, la organización de lotes "aditivos" cuando se obtuvo esta información). La empresa ha requerido de obreros calificados, que sean técnicos medios con dos o tres años de instrucción. Debido a esta necesidad y dada la escasez que se ha sentido en el momento de buscar nuevas contrataciones, se pusieron en marcha programas de adiestramiento para nuevos aprendices, bajo contratación temporal, en 1980. Estos programas se imparten en las tardes y las noches, y se combinan con trabajo práctico en la propia planta. Se están capacitando obreros que puedan rotar en varios oficios[41]. Antes, en 1978-1979, la empresa recurrió a un centro de capacitación nacional, ARMO, el cual impartió pláticas y cursos, para preparar mecánicos y soldadores a nivel de técnico medio. Pero ello no satisfizo los requerimientos de la firma.

Por otro lado, ha habido un incremento en la relación de subcontratación entre la empresa estudiada y diversos talleres. Alrededor de un 20 % de las piezas que componen los productos se subcontrata a 25 talleres pequeños. El 15 % del costo de producción correspondió a los pagos a tales talleres, en 1980. Se ha intensificado más la "maquila", porque la nueva administración busca reducir costos y bajar las presiones obreras sobre la marcha de la planta.

4. Características del proceso productivo

La empresa se encuentra instalada en un espacio de 3.000 m². el área de fabricación cuenta con 950 m² construidos y está formada por dos naves industriales de tamaño mediano, seccionadas en tres partes que componen los distintos departamentos.

El proceso productivo se encuentra dividido en tres departamentos, además de algunas actividades auxiliares que no llegan a constituir departamentos en sí.

El primer departamento del proceso productivo es el de maquinado pesado. En éste, se arma la estructura básica de la máquina; además, se sueldan varias piezas. En

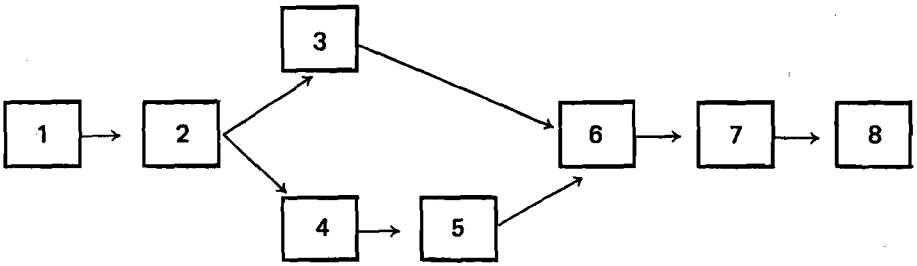
[40] Véase *Ibid.* Tampoco debe ignorarse una reorganización del "lay-out" hacia una mayor linearización. Un estudio de la OIT demuestra que la distancia del recorrido medio de varias piezas pueden reducirse hasta en 80 %, con beneficios para los tiempos de entrega y para ahorro de costos. Véase Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo,* Ginebra, 1966, capítulo 9.

[41] Esta necesidad de capacitación, implicando cursos largos, complejos y costosos, se podría eliminar —o reducir— si se planifican mejor los requerimientos de manufactura de los lotes "aditivos", si se estandariza más y, sobre todo si se adquieren máquinas-herramienta CNC. Véase A. Mercado y P. Toledo, "El cambio tecnológico en una empresa mexicana productora de máquinas para el vidrio y el plástico", *Monografía de Trabajo Nº 57,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1982, último capítulo.

segundo lugar, se encuentra el departamento de maquinado fino, donde se realizan los trabajos de fresado, torneado, esmerilado, etc., de los engranajes y piezas pequeñas que componen la máquina. El tercer departamento es el de ensamble. Aquí se realiza el armado final de las partes que provienen del maquinado pesado, del maquinado fino y de los subcontratistas. Además de estos tres departamentos esenciales, se llevan a cabo algunas actividades fuera de ellos como: el control de calidad, el ajuste y la prueba.

El proceso de producción incluye las siguientes fases:

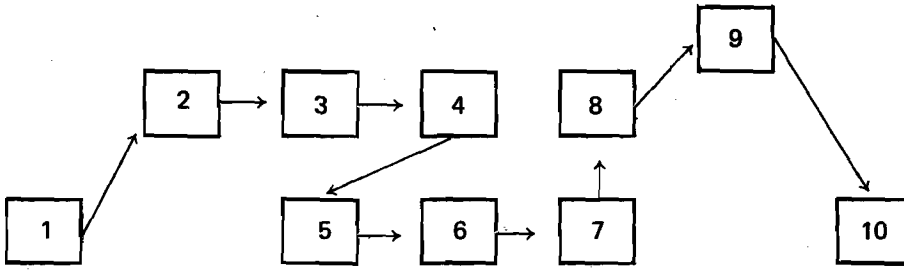
1) Conocimiento del módulo de equipo a producir.
2) Abastecimiento de materias primas y materiales.
3) Proceso de maquinado pesado.
4) Proceso de maquinado fino.
5) Stock de piezas terminadas más las compradas.
6) Ensamble.
7) Control de calidad.
8) Ajuste y prueba.



El mayor parte de la maquinaria y el equipo se encuentra en los departamentos de maquinado fino y de maquinado pesado (90 % del total).

El maquinado pesado cuenta con el 30 % del valor actual de maquinaria y equipo. Ocupa las máquinas más grandes y costosas, como son el torno revólver, la mandriladora, etc. Emplea el 30 % de la mano de obra. El departamento consta de las siguientes áreas de trabajo:

1) Almacén de materias primas.
2) Pantógrafo (cortados con oxígeno acetileno a base de plantillas).
3) Prensa enderezadora.
4) Cepillo fresador (algunas de las piezas pasan a cepillado).
5) Soldadura.
6) Pulido con arena o Sand Blast.
7) Pulido a mano.
8) Pintura de fondo (aplicación de antioxidante y la primera capa de pintura).
9) Mandriladoras (se hacen algunos trabajos de maquinado sobre el bastidor de la máquina).
10) Segunda capa de pintura, acabado final de bastidor.



El maquinado fino cuenta con el 60 % de la maquinaria y equipo de la planta; principalmente, máquinas-herramienta sencillas y pequeñas, como: tornos, fresadoras, cepillos de codo, generadora de engranajes, tornos copiadores, afiladora, taladros de banco etc. Absorbe el 45 % de los obreros (la mayor proporción). Aquí se lleva a cabo el maquinado de piezas pequeñas que componen el equipo. En este departamento han habido frecuentes cuellos de botella y problemas de ineficiencia, rendimiento, desorganización y falta de materiales. A través de la historia de la empresa, este departamento es el que ha requerido mayor atención debido a lo complejo que resulta su organización y a dificultades para contar con personal calificado y adiestrarlo. Por otra parte, se sufren los mayores problemas en cuanto a provisión de materiales, especificaciones de los mismos y tiempos de entrega. En 1980, la nueva dirección estaba prestando especial atención a este departamento, con el fin de reestructurarlo totalmente.

El departamento de ensamble ocupa el 25 % de los obreros de la planta. Este departamento efectúa el control de calidad, el cual consiste en poner a trabajar la máquina, una vez que ésta ha sido totalmente terminada, para detectar fallas o alteraciones en su funcionamiento.

El tiempo de fabricación de los productos varía de acuerdo con la capacidad y tamaño del modelo que se va a producir. Las máquinas pequeñas (menos de 100 t de capacidad) tardan entre tres y cinco días en su producción. Las de mayor capacidad llevan hasta un mes de fabricación.

5. Características de la organización de la empresa

La organización es relativamente simple. La empresa tiene una Dirección General (ocupa el 2 % del personal) y bajo ella existen cuatro departamentos. Uno es el de finanzas (3 % del personal). Otro es el de planeación y comercialización (4 % del personal). El tercer departamento es el de ingeniería (5 % del personal y el cuarto, el de producción (86 % de la nómina global). A continuación se describen las funciones de los tres últimos departamentos.

La función del departamento de planeación y comercialización es el manejo de las ventas, y el control y servicio a clientes. Además este departamento estudia el mercado, para la introducción de nuevos productos.

El departamento de ingeniería incluye tanto la ingeniería de productos, como la de proceso, incluyendo el control de calidad. Sus actividades se han encaminado a inves-

tigar modificaciones de productos, organizar lotes "aditivos" y elaborar secuencias de proceso.

El departamento de producción, incluye la fabricación directa de los productos, el mantenimiento de la maquinaria y equipo, y el control de todos los talleres, externos a la planta, que les realizan trabajos de maquila. Este departamento incluye 15 personas a nivel supervisores, capataces, jefes de secciones, etc. y alrededor de 120 obreros calificados y no calificados (90 % son calificados). Controla las áreas de maquinado pesado, maquinado fino y ensamble.

Recientemente, se han aplicado sistemas computarizados para el control de ventas, inventarios, almacenes y otros registros administrativos. La empresa ha optado por establecer un sistema automático de seguimiento de los pedidos y órdenes de compra que asegure el abastecimiento particular de las materias primas y materiales que se requieren, en vista de que sus plazos de entrega han sido cada vez mayores.

6. Conclusiones

El material presentado revela lo peculiar e idiosincrásico de esta "historia empresaria" que comienza en un acuerdo de carácter familiar, transita a través de una etapa de transnacionalización y retorna, finalmente, a propiedad del capital nacional, pero esta vez en el marco de un fuerte grupo corporativo mexicano que modifica profundamente la conducta de la firma en todos sus planos de actuación.

El carácter "explosivo" de las mutaciones sufridas por la empresa resalta a todo lo largo del relato. Los cambios en diseños de producto, la masiva incorporación de equipos en momentos particulares de la historia evolutiva, su rápido ingreso a la tecnología de organización a través de la incorporación del planeamiento productivo por "grupos tecnológicos", y su reciente ingreso al mundo de las microprocesadoras –en el diseño de productos– y de la computación generalizada en el manejo global de la compañía, hablan a las claras de un fuerte dinamismo tecnológico.

Su capacidad competitiva internacional –la que por momentos le ha permitido colocar hasta 20-30 % de su producción en terceros mercados– aparece comprometida por el alto costo y la baja calidad de la industria siderúrgica mexicana, la que traslada su ineficiencia al productor nacional de maquinarias y equipos.

CASO Nº 2

UNA FIRMA VENEZOLANA FABRICANTE DE MAQUINARIA AGRICOLA[42]

Mauricio Turkieh

1. Origen de la empresa

Rota Agro se fundó en Venezuela en 1961. Pero sus antecedentes se remontan más atrás en el tiempo y se ubican en otro país del Caribe.

Hacia 1950 cuatro hermanos de apellido González crearon en Cuba un taller de reparaciones metalmecánicas generales. Provenían de una familia de agricultores. Ante el pedido de un agricultor, los hermanos fabricaron una segadora rotativa tomando como modelo una Serviss, que se importaba de los Estados Unidos. A partir de allí iniciaron la producción artesanal de dicha segadora.

Ya en 1955, viendo el buen éxito inicial, hicieron algunas adaptaciones a la segadora y comenzaron la producción en serie. Se presentaban solamente cuatro modelos, dos de tiro y dos de levante hidráulico. Con una planta de 25 obreros abastecían las necesidades del país. Ningún otro equipo de los usados en la agricultura cubana se fabricaba localmente en escala fabril.

En 1960 la empresa fue expropiada por el gobierno cubano y los hermanos decidieron trasladarse a Venezuela, con la intención de reiniciar allí sus actividades industriales en el mismo sector.

Los hermanos González habían advertido que se daban condiciones para un proyecto de tal naturaleza en Venezuela. El mercado de maquinaria agrícola era abastecido por la importación, salvo la producción artesanal de algunos talleres. Las condiciones de trabajo agrícola eran parecidas a las de Cuba y se tenía conocimiento de la existencia de créditos de inversión otorgados por el estado. La idea consistía en partir en Venezuela del grado de desarrollo alcanzado en Cuba y crecer mediante la ampliación de la escala y la diversificación de los productos. Los hermanos no tenían estudios técnicos. Su capacidad provenía de la práctica cotidiana.

Se trasladaron a Venezuela en 1961 y con la venta de un lote de segadoras que trajeron desde Cuba reunieron el capital necesario para iniciar sus actividades.

Desde el inicio el objetivo de los empresarios consistía en la producción fabril de maquinaria agrícola. Pero faltaban algunas condiciones. El capital propio no era suficiente y carecían de un conocimiento afinado del medio local en lo referente a las condiciones de uso del equipo agrícola. La intención de superar esas limitaciones los llevó a fundar un taller de servicios agrícolas, principalmente de deforestación y preparación de terrenos de labor.

[42] La presente constituye una versión abreviada del estudio presentado por el Lic. M. Turkieh, y publicado como: "El cambio tecnológico en la industria venezolana de maquinaria agrícola. Estudios de caso", *Monografía de Trabajo Nº 52*, Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1982.

La localización del taller fue analizada con especial ciudado y en función de las futuras tareas productivas. Luego de recorrer otras regiones se decidieron por la zona central del país, específicamente la ciudad de Maracay.

El taller de servicios mantenido entre 1961 y 1964 brindó una importante experiencia a los hermanos González. Por una parte, obtuvieron una apreciación cuantitativa realista de la magnitud del mercado. Tanto en la venta directa de las segadoras que introdujeron en Venezuela como en la propia actividad de servicios, recorrieron el país y evaluaron el tamaño del mercado.

Por otra parte, tuvieron un conocimiento concreto de los problemas de mecanización agrícola, del tipo de fallas que con frecuencia presentaban los equipos importados, de las características de los suelos y de las modalidades de trabajo de los agricultores y tractoristas.

Llegaron pronto a comprender que sería el refuerzo de los equipos donde habría de residir la ventaja sobre la maquinaria importada. Esta es habitualmente diseñada para ser utilizada en terrenos ya labrados durante muchos años y, en general, el tractor al cual se acopla es conducido por un agricultor experimentado. En cambio, en el campo venezolano, muchas áreas son de reciente cultivo y conservan piedras y durezas. Los tractoristas a menudo son improvisados y no siguen las instrucciones de uso y mantenimiento de los equipos. Por tales razones, la maquinaria importada requiere ser sometida a rediseños para darle mayor robustez a fin de resistir sobreesfuerzos y mal uso.

En 1963, los hermanos González habían cubierto la fase de conocimiento del medio y con fondos propios construyeron la primer estructura de 2.000 m² del futuro taller industrial. Presentaron un proyecto de factibilidad y solicitaron un crédito a la Corporación Venezolana de Fomento. Con el mismo terminaron los galpones y adquirieron las maquinarias y el capital de trabajo inicial.

El equipo productivo estaba compuesto por maquinaria nueva, procedente de diversos países europeos y comprada a representantes y distribuidores locales. La selección se hizo con su asesoría y mediante la revisión de catálogos.

El proceso de producción era discontinuo y así se mantiene hasta hoy. Las numerosas piezas pasan por sucesivos talleres hasta su terminación y montaje. El plantel inicial alcanzó a unos 25 obreros.

A fines de 1964 se lanzó al mercado el primer lote de 150 segadoras rotativas. Los modelos respetaban el mismo principio de diseño de las segadoras que producían en Cuba. Utilizaban cuchillas accionadas por un mecanismo de transmisión de fuerza. Pero la experiencia de trabajo en servicios agrícolas les indicó que el modelo cubano no era apto para su uso en Venezuela. Aquel era adecuado para deforestar arbustos grandes y se usaba con tractores de oruga. En el medio local se requería en cambio un equipo diseñado para eliminar la vegetación herbácea, no leñosa, adecuado para fincas ganaderas.

Uno de los hermanos efectuó el rediseño de la segadora que producían en Cuba, haciéndola más liviana. Se presentaron los mismos tipos básicos que ya conocían, de tiro y de levante hidráulico, con dos anchos de corte para cada uno.

Los hermanos no hacían trabajo directo. Sólo lo supervisaban y se encargaban de la programación, administración y venta. Simultáneamente con la producción de las segadoras se eliminaron las tareas de servicios agrícolas. Los objetivos perseguidos me-

diante las tareas de servicios ya habían sido alcanzados. Conocían el medio agrícola, sabían cómo rediseñar los equipos importados y habían acumulado el capital inicial necesario.

En ese momento el problema no radicaba en el diseño de producto o en el taller fabril sino en la penetración del mercado. A las dificultades propias de toda industria que comienza, se sumaba la necesidad de organizar un sistema de ventas directas. Esta era la única manera de acceder al mercado puesto que los distribuidores consideraban más conveniente representar exclusivamente productos importados, de marcas ya acreditadas. Había razones para ello, pues en el mercado prevalecía una profunda desconfianza hacia los productos metalmecánicos de fabricación nacional.

Los distribuidores de maquinaria agrícola vendían tractores y equipos importados para usar con ellos. Estos últimos con frecuencia pertenecían a las mismas marcas internacionales. Al principio no mostraban ningún interés en tomar a su cargo la comercialización de los productos de Rota Agro, porque se lo impedían u obstaculizaban sus compromisos con los grandes proveedores del exterior. Por otro lado, ellos mismos eran escépticos acerca de la calidad de la industria local.

Los hermanos González debieron hacer denodados esfuerzos para colocar sus primeros productos. La responsabilidad de ventas estuvo en un principio a cargo de uno de ellos, quien recorrió el país e hizo contacto con distribuidores, asociaciones rurales y de ganaderos y usuarios directos. Desde entonces daban por sentado que su mercado no era solamente el regional, sino todo el país.

La ventaja del diseño adaptativo, aunque comenzaba a ser reconocida por algunos agricultores, no abría por sí misma el acceso a los mercados mediante casas comerciales. Fue así que la mayor parte de los esfuerzos se volcaron hacia la promoción directa. El contacto con asociaciones rurales y agricultores resultaba indispensable. Se ensayaron diversas formas de promoción y pruebas de campo y se otorgaron precios favorables.

La tarea duró tres largos años, y abarcó las segadoras, las rastras de tiro producidas a partir de 1966 y las de levante hidráulico incorporadas en 1967.

Gradualmente los nuevos equipos comenzaron a penetrar en el mercado. Desde diversas zonas del país los productores daban señales de aceptación. Dos condiciones resultaban básicas para ello. La tarea de rediseño adaptativo a las condiciones locales de uso y el precio de los productos, que era más bajo que los de importación.

Los distribuidores comenzaron a mostrar alarma e interés. La alarma se acentuó cuando los proveedores internacionales manifestaron su desconfianza. Temían que sus propios distribuidores se prestarían a servir de vehículo para la entrada al mercado de competidores locales. Amenazaron con quitarles la representación de máquina agrícola, incluido el producto principal de las ventas, el tractor.

Sin embargo, los distribuidores comenzaron a encontrar palpables ventajas en la comercialización de equipos nacionales. Esto se estaban imponiendo gradual pero inequívocamente, lo cual era de por sí un argumento sustancial. Además, operar con un fabricante local permitía prescindir de la necesidad de mantener costosos inventarios de equipos y repuestos. En efecto, las importaciones debían hacerse anualmente, con recepción semestral. En cambio, los pedidos al fabricante local se efectuaban cuando la venta ya estaba asegurada. Incluso los servicios de reparación y mantenimiento podían transferirse a la fábrica. Aun hoy esa es la práctica cotidiana.

Una casa comercial, Maquinarias Mendoza, había comenzado a vender algunas segadoras de Rota Agro desde 1965, en pequeña escala, mientras mantenía la representación de rastras y otros equipos importados. En 1967 Rota Agro firmó un contrato de distribución exclusiva con dicha casa, que abarcaba todo el ámbito nacional. La empresa lograba así un objetivo claramente planteado como necesario a fin de concretar sus esfuerzos en el área de la producción y acceder simultáneamente al mercado nacional.

Mediante su gestión Rota Agro estaba dando comienzo a la etapa fabril, no ya meramente artesanal, de la rama de maquinaria agrícola. El esfuerzo implicado en la tarea y las consecuencias que tuvo la aceptación de la empresa en el mercado califican a este hecho como uno de los de mayor consecuencia en la historia de la empresa y de la rama.

A principios de 1966 Rota Agro comenzó a ofrecer rastras desterronadoras de tiro. La rastra es el equipo de mayor uso en las tareas agrícolas. Una vez deforestando el campo y nivelado el terreno, se usan las rastras para airear y permeabilizar la tierra, condiciones necesarias para casi todos los cultivos. La rastra desterronadora se usa para realizar el último pase previo a la siembra.

Los hermanos habían tenido ocasión de usar las rastras Standard, importadas de los Estados Unidos, en su empresa de servicios agrícolas. Llegaron a conocer sus características y decidieron copiar ese modelo y modificar las fallas que detectaron durante su uso.

El modelo Standard original presentaba problemas de articulación pues se enterraba sobre el lado derecho al girar el tractor en esa dirección. Por lo tanto, se diseñó una nueva bisagra para evitar el desbalance. La barra de tiro solía gastarse en el punto de acople con el bastidor, por lo cual se la reforzó. En un principio se usó un sistema de rodamientos semejante al del modelo original, pues el agricultor es conservador y poco inclinado a las innovaciones. Sólo tiempo más tarde se reemplazó el sistema y se introdujo el uso de rolineras. Por otro lado, se efectuaron diversos refuerzos a partir del modelo Standard pues los agricultores solían usar la rastra desterronadora no sólo en su función de último pase sino también en las tareas previas, cuando se requiere la utilización de rastras pesadas o semipesadas.

Se realizaron pruebas de prototipo y preserie en una finca cercana a la planta, y cuando se llegó a un diseño satisfactorio se ofreció al mercado. No hubo cálculos de ingeniería. Los hermanos se guiaron por su experiencia y por las pruebas previas.

Era una etapa difícil. La importación era libre y no se había conseguido todavía el contrato de distribución con Maquinarias Mendoza. La producción excedía el volumen de ventas.

En 1967 se introdujo una rastra desterronadora de levante hidráulico. Se trata de un equipo muy liviano, de reducido número de discos. Su característica distintiva es la utilización del sistema hidráulico del tractor a fin de levantar la rastra y permitir que el mismo evolucione sin soportar la resistencia que el suelo impone a los discos. El diseño de la rastra se inspiró en una Ransomes inglesa conocida en el medio local.

En los tres equipos iniciales de Rota Agro, y en los introducidos más tarde, el método de selección y adaptación fue similar. Se eligieron productos de uso generalizado, que se copiaron de modelos extranjeros ya conocidos por los agricultores. Se reforzaron estructuralmente los diseños para hacer frente a las condiciones de los suelos, duros, no

limpios y poco trabajados con anterioridad, y a prácticas de manejo no cuidadosas. También se incorporó el máximo posible de insumos nacionales y se simplificaron los diseños teniendo en cuente el escaso adiestramiento de los operarios y la falta de mantenimiento adecuado.

Por otro lado, los diseños se ajustaron al tipo de maquinaria disponible en la planta y a la capacidad técnica de los operarios. A falta de educación técnica los hermanos debieron basarse en su experiencia. La observación y la intuición eran su guía para el diseño adaptativo. Dado que no hacían cálculos de ingeniería de las piezas y de los equipos, el sentido común y el sobredimensionamiento debían asegurar la resistencia y calidad de los productos.

Esto es posible por el carácter tan elemental de la tecnología metalmecánica que se requiere para la producción de este tipo de maquinaria. En su historia posterior, Rota Agro no superó lo que podría considerarse un "primer nivel" de complejidad técnica en los diseños seleccionados. Lo mismo ocurre con las otras empresas del medio local.

Según la clasificación corriente en el ámbito internacional pueden reconocerse varios niveles o categorías de equipos de acuerdo con el grado de mecanización agrícola y a los requerimientos técnicos que plantea su producción. Se denominan implementos agrícolas las herramientas manuales o de tracción a sangre. Dejando de lado esta categoría, la maquinaria agrícola puede agruparse en tres niveles. En el primero se encuentran los arados, rastras, cultivadoras, equipos de riego por aspersión y otros. Ninguno de ellos tiene tracción propia y son usados acoplándolos al tractor. En un segundo nivel se encuentran diversos equipos con tracción propia y en el tercero los tractores y la maquinaria autopropulsada que se usa en los estadios más avanzados de la mecanización agrícola. La industria venezolana de maquinaria agrícola se encuentra en el primer nivel de esta clasificación.

El acuerdo con Maquinarias Mendoza en 1967 fue el primer paso hacia la aceptación de los productos Rota Agro y su difusión masiva en el mercado. Pero otro más importante sucedió al año siguiente. La gestión de los hermanos González logró que el estado venezolano accediera extender los beneficios de la protección arancelaria a la maquinaria agrícola. Esta situación mejoró la competitividad de sus productos y modificó radicalmente su posición con respecto a otros distribuidores y con las empresas internacionales. Además brindó las condiciones básicas para la conformación de un mercado interno para los equipos de producción local.

La morfología y funcionamiento de dicho mercado será examinada en la próxima sección.

2. Evolución de la empresa y desarrollo de la competencia

2.1. Conformación del mercado de maquinaria agrícola

Luego de una intensa gestión ante las autoridades los hermanos González lograron que se impusiese la licencia previa para la importación de segadoras y un arancel del 50 % para las rastras. La diferencia entre los mecanismos de protección se debe a que Rota Agro era el único productor de segadoras, mientras que en rastras había algunos pequeños talleres artesanales.

La protección reconocía la aceptación que el producto tenía en el mercado. Pero a su vez mejoró la competitividad de Rota Agro. La empresa no aumentó sus precios de venta. Su política consistió en aumentar la penetración en el mercado diversificar la oferta y buscar protección para nuevos productos.

La protección arancelaria de 1968 tuvo consecuencias inmediatas. La empresa se sentía mucho más firme ante la competencia internacional. Al poco tiempo otros distribuidores solicitaron comercializar sus productos y Rota Agro accedió suspendiendo el contrato de exclusividad con Maquinarias Mendoza.

Los fabricantes extranjeros no se resignaron a perder el mercado venezolano. Entablaron contacto con Rota Agro varias de las principales firmas del ramo para ofrecer licencias o propuestas de asociación.

Rota Agro decidió rechazar dichas iniciativas. Ante tal actitud las firmas internacionales buscaron otras empresas locales para proponer acuerdos de licencia. En 1972 Tanapo, entonces taller artesanal de rastras, firmó un contrato de uso de tecnología con la Rome de Estados Unidos, e inició una nueva fase en su evolución. Un año antes Nardi de Italia, que tenía en Venezuela una empresa distribuidora de sus productos, decidió hacer una inversión directa de capital para producir discos para rastras y arados. La planta se inauguró en 1972 y a partir de 1973 comenzó a diversificar la producción hacia sembradoras, arados, rastras y muchos otros equipos agrícolas. Nardi y Tanapo son actualmente la segunda y tercer empresa de la rama en cuanto a volumen de ventas.

La rápida evolución de Rota Agro y las medidas proteccionistas alentaron otras iniciativas de capitales locales. Dos talleres artesanales comenzaron la producción de equipos agrícolas. El primero copió diseños Rota Agro de segadoras y rastras, pero no pudo resistir la competencia de precios que ejerció Rota Agro y quebró en 1970. El segundo comenzó la fabricación de rastras en 1971, con una escala mayor que el anterior, pero por las mismas razones tuvo que abandonar el mercado en 1972.

La persistencia y desarrollo de Nardi y Tanapo en el mercado se debe a su vinculación con empresas internacionales, que les garantizan asistencia tecnológica en proceso y diseño, factores esenciales en la lucha competitiva en este mercado. Junto con Rota Agro se reparten actualmente el mercado de rastras dado que han terminado por desaparecer los talleres artesanales. El dominio de la tecnología de diseño y las economías de escala resultantes del incremento de la producción permitió a las tres empresas mencionadas abastecer la totalidad del mercado nacional de rastras desplazando la producción artesanal.

Entre 1968 y 1974 Rota Agro amplió notablemente la gama de productos y de modelos ofrecidos.

En 1968 introdujo una rastra pesada cuyo diseño fue adaptado de un modelo de marca Towner. Era una rastra que se importaba de los Estados Unidos. En el mercado también se conocía la rastra pesada Big-Rome, de gran calidad, fortaleza y fácil mantenimiento. Era aquella que Tanapo copiaba artesanalmente en muy pequeña escala, y que años más tarde acordó con Rome introducir bajo licencia en escala industrial.

La Towner era un equipo muy conocido por los hermanos González, pues lo habían usado en las tareas de servicios agrícolas. Dado que sabían que una pieza del sistema de regulación de apertura solía romperse, modificaron su diseño. También introdujeron cambios en la bisagra y en la barra de tiro. La rastra tuvo buena aceptación. Tal como

fue ocurriendo con los sucesivos equipos, una vez en el mercado se gestionaba la protección arancelaria, que era concedida.

En 1970 Rota Agro comenzó a fabricar arados de discos. Era otro de los equipos básicos del agro venezolano, necesario para la labranza y roturación de la tierra y correspondía a la expansión natural de la línea anteriormente elegida por la empresa. El modelo original pertenecía a la Ransomes inglesa. Rota Agro tuvo problemas al principio con este producto. Durante su uso el bastidor hecho de hierro se doblaba. Hubo que reforzarlo hasta superar el inconveniente.

Unos años más tarde, en 1974, Nardi lanzó al mercado un arado de discos hecho de acero estampado en lugar de hierro. Era un modelo de Nardi en Italia, tal como todos los que fabrica Nardi de Venezuela en la actualidad. Cumplía la misma función que el arado de Rota Agro, pero el modelo Nardi tenía un diseño más avanzado, permitía más graduaciones y presentaba mayor resistencia al uso. El precio siempre fue superior al de Rota Agro, empresa con la cual no compitió significativamente. Antes bien, se formaron dos mercados relativamente diferenciados atendiendo a las características, calidad y precio de los distintos productos.

El ejemplo del arado de discos permite comparar la conducta tecnológica de estas dos empresas. Rota Agro, que careció durante sus primeros años de capacidad ingenieril profesional, encaraba la adaptación de equipos extranjeros utilizando materias primas de inferior calidad que las originales. La mayor resistencia requerida por las condiciones de uso se lograba mediante el refuerzo de las estructuras en los puntos débiles. En cambio, tanto Nardi como Tanapo, respetaron en mayor grado las especificaciones de materias primas de los modelos originales y cuando a pesar de eso se enfrentaron a problemas de resistencia, los solucionaron principalmente mediante el estudio de diseño y acudieron al refuerzo como recurso de última instancia.

Entre 1971 y 1974 Rota Agro aceleró la diversificación de líneas. Comenzó a ofrecer rolos, cultivadoras, remolques agrícolas, carretones cañeros y palas para movimiento de tierra. Al principio lo hizo en pequeña escala. Sólo se vendían algunas docenas de cada producto. En 1974 el 85 % de su valor de producción se concentraba en rastras (700 unidades), arados (395 unidades) y segadoras rotativas (330 unidades).

En rastras se completó la gama básica, pues se agregó el tipo semipesado. También se incorporaron algunos modelos de rastras con ruedas.

En cuanto a la cultivadora, se trataba de un modelo muy diferente al fabricado por Nardi a partir de 1975. La de Rota Agro correspondía al tipo conocido como "rabo de cochino", y era usada especialmente en cultivos altos, como el tabaco. La cultivadora de Nardi, en cambio, tenía resortes en espiral, y era apta para cultivos bajos, tal como hortalizas. Tampoco en este caso hubo competencia entre las empresas.

Rota Agro venía incrementando su capacidad productiva en forma gradual desde 1968. La aceptación del mercado a sus primeros productos, y el logro de la protección arancelaria alentaron la diversificación. Por otro lado, las técnicas productivas para todos los productos seleccionados eran similares entre sí.

La diversificación intensa del período 1971-74 tenía como propósito ensayar la receptividad de los productos, a fin de que el mercado indicara sus preferencias y necesidades. Pero salvo las rastras y las cultivadoras, todos los productos incorporados por Rota Agro en ese lapso se discontinuaron a partir de 1975, por razones que se explicarán luego. Desde 1975, entonces, su oferta se concentró exclusivamente en cuatro productos.

Rota Agro se mantuvo como única empresa fabril de la rama durante casi una década. La protección arancelaria vigente desde 1968 alentó la introducción de otras empresas al generarse la posibilidad de obtener márgenes de utilidad atractivos. Pero sólo lograron perdurar en la rama las empresas que mediante vínculos internacionales lograron asistencia técnica en diseño y proceso de producción.

En el período 1974-1981 la rama de maquinaria agrícola vivió un ciclo completo de auge y contracción de ventas que tuvo notable influencia en el desempeño tecnológico y comercial de Rota Agro y de las otras empresas del sector.

2.2. Fase expansiva del mercado 1974-78

Hasta 1974 Rota Agro fue el único oferente nacional de los productos que fabricaba con excepción de los talleres artesanales que producían rastras, arados y segadoras en pequeña cantidad. La firma había diversificado su oferta en pocos años y abastecía un mercado que crecía a un ritmo firme. La protección arancelaria permitía a la empresa captar porciones importantes del mercado. De un plantel inicial de 25 obreros en 1964 Rota Agro llegó a contar con unos 140 diez años más tarde. En 1974 el volumen global de ventas alcanzó a 3 millones de dólares.

El mercado nacional, si bien era pequeño, resultaba atractivo para otras empresas. En 1972 Nardi comenzó la producción de discos para rastras y arados y logró una protección arancelaria del 50 %.

Al año siguiente Rota Agro integró una planta de discos con el fin de abastecer las necesidades internas de la empresa y para vender como repuesto de productos propios o ajenos. Hasta entonces la empresa compraba discos a Nardi, del cual era el principal cliente, e importaba de Colombia. Pero Rota Agro buscaba autonomía en el abastecimiento de discos. No creía conveniente depender de Nardi, el único oferente nacional, que aparecía como un futuro competidor en la producción de maquinaria agrícola.

Hasta el momento Nardi sólo fabricaba discos, pero la pérdida de Rota Agro como demandante y el fracaso en el intento de exportar aceleraron su decisión de diversificar hacia equipos agrícolas. También jugó un papel relevante la iniciativa de algunos distribuidores que sugirieron a Nardi la producción de equipos para romper el monopolio de Rota Agro.

En 1973 Nardi comenzó a producir sembradoras de granos gruesos y al año siguiente inició la fabricación de arados de discos. En ninguno de esos productos competía con Rota Agro, que no fabricaba sembradoras y cuyos arados tenían características que los diferenciaban notablemente de los de Nardi.

Una circunstancia coyuntural vino a modificar en 1974 uno de los parámetros esenciales de la actividad del sector agropecuario, e influyó decisivamente en la demanda de bienes de capital originada en ese sector y en las pautas de la competencia en el mercado de maquinaria agrícola.

El aumento del precio internacional del petróleo y la nacionalización de la actividad extractiva incrementaron los ingresos del estado venezolano. El gobierno inició una política de apoyo a ciertas actividades productivas que incluía el aumento del crédito de inversión.

El sector agrícola se vio beneficiado en gran medida y se multiplicó su demanda de tractores y maquinaria de todo tipo. En un período de pocos años los agricultores se sobreequiparon significativamente. Toda la rama productora de equipo agrícola aumentó sus ventas al mismo ritmo. Entre 1974 y 1977 la venta anual de maquinaria agrícola en Venezuela se multiplicó en dos y media veces, medido en términos físicos.

Se estima que el 90 % de la actividad productiva agropecuaria se financia mediante capital de préstamo. La relación entre créditos y compra de equipo agrícola es, entonces, directa e inmediata. Cuando a partir de principios de 1978 se restringió el volumen de créditos, la demanda de maquinaria agrícola disminuyó rápidamente. En el mismo sentido incidió el sobreequipamiento de los años previos.

Durante la fase de auge (1974-1977) todas las empresas, incluidas las artesanales, aumentaron sus ventas, y comenzó a generarse cierta competencia en el mercado de rastras. La rastra es el equipo de uso universal en todos los cultivos. Aproximadamente la mitad del valor de producción de maquinaria agrícola fabricada en Venezuela durante la década de los años setenta corresponde a ese equipo.

Las ventas totales de Rota Agro aumentaron de 3 millones de dólares en 1974 a 8 en 1976 y 8,5 millones en 1977.

El aumento en la producción fue acompañado por una consolidación de las principales líneas y el abandono de muchas otras, en especial, de aquéllas incorporadas en el período 1970-73. A partir de 1975, y hasta la actualidad, Rota Agro sólo produce rastras, segadoras, arados y cultivadoras. Esos cuatro productos representaban en 1974 el 88 % del valor de ventas, incluidos los repuestos. Ante el auge de la demanda, la empresa decidió discontinuar las otras líneas por varias razones. Por una parte, no había capacidad gerencial y técnica para sostener una diversificación tan amplia acompañada de una escala de producción que crecía en forma muy rápida. Además, se procuraba disminuir los costos unitarios de producción en las líneas principales por medio de economías de escala. La diversificación se había realizado años antes en época de capacidad ociosa. Al agotarse la misma, la diversificación no tenía ventaja alguna y complicaba la programación y el control de la producción.

Durante el período de auge las rastras fueron el principal rubro de ventas de Rota Agro. En 1974 se vendieron 1.700 unidades que representaban el 69 % del valor total de ventas de la empresa. En 1977 se vendieron 3.300 rastras, con una participación en los ingresos totales del 73 %.

Las segadoras rotativas también incrementaron su peso relativo. En 1974 se vendieron 330 unidades (6 % de las ventas totales), mientras que en 1977 se colocaron 960 (11 %). Las otras dos líneas evolucionaron con menor dinamismo. Tanto en arados como en cultivadoras aumentó el volumen físico de ventas, pero ambas perdieron participación en el valor total. En las tres líneas Rota Agro tenía un peso decisivo en el mercado, puesto que se enfrentaba sólo a empresas artesanales, que tenían alguna significación exclusivamente en su ámbito local. Rota Agro abastecía el mercado nacional, ofrecía mejor calidad y garantizaba un servicio continuado de reparación y repuestos.

Rota Agro prestó la mayor atención al mercado de rastras. En 1977 ya ofrecía toda la gama básica de modelos de acuerdo con el peso (livianas, semipesadas y pesadas), número de discos y uso de levante hidráulico y de ruedas, que facilitan el traslado del tractor cuando el equipo no está en actividad.

Nardi lanzó sus primeras 60 rastras en 1975 e incrementó muy rápidamente su producción. En 1977 alcanzó un volumen de ventas de 850 unidades. Tanapo, por su parte, producía artesanalmente algunas decenas de rastras por año desde 1962, pero en 1975 introdujo en el mercado su primer lote de 200 unidades producidas bajo licencia Rome de los Estados Unidos. En 1977 vendió 400 rastras de la nueva serie.

El mercado de las rastras producidas en escala fabril aumentó rápidamente en los años de auge. En 1974, Rota Agro era el único oferente y vendió 1.700 unidades. En 1977 el mercado absorbió 4.550 rastras, de las cuales el 19 % correspondió a Nardi y el 9 % a Tanapo. Comenzaba entonces a desarrollarse cierta competencia entre las empresas.

El mercado de rastras era el único que debido a su tamaño permitía la concurrencia de varias empresas fabriles con productos similares. Pero se trataba de una competencia incipiente pues las empresas diferían en cuanto a su inserción regional, calidad de los productos, especialización en tipos de rastras y precios.

Rota Agro producía rastras desde 1966. En los años sucesivos fue diversificando sus modelos y en 1974 había completado la gama básica de rastras que luego siguió extendiendo. Hasta 1979 mantuvo el liderazgo en diversificación con más de 70 modelos. Llegaba con sus productos a todo el ámbito nacional, que se caracterizaba por requerir diferentes modelos de rastras según tipos de cultivos y condiciones de suelo y clima en las distintas regiones. La calidad de sus productos era inferior a la de sus dos competidores pero también eran más bajos los precios.

Nardi salió al mercado en 1975. Ofrecía solamente rastras de tiro en sus tres versiones (livianas, semipesadas y pesadas), con un número muy reducido de modelos. Luego del período de adaptación aumentó su penetración en el mercado, pero fundamentalmente abastecía su zona de influencia.

Tanapo en su etapa artesanal había acumulado una gran experiencia en adaptación de modelos extranjeros. Producía solamente rastras y era conocida por la copia adaptada de un modelo Rome, de los Estados Unidos. En 1972 firmó un contrato de asistencia técnica con esa firma y en 1975 presentó las primeras 200 rastras producidas bajo licencia. Al igual que Nardi, sólo ofrecía los tres tipos de rastras de tiro, pero la variedad de modelos era mucho mayor. La calidad de los productos Tanapo sobresalía en el mercado. La presencia de la empresa era importante en su ámbito regional.

Hasta 1977 la competencia entre las empresas se daba con mayor fuerza dentro de la región central de Venezuela, ámbito de influencia de los dos nuevos oferentes, de donde desalojaron parcialmente a Roto Agro. En realidad, todas las empresas tienen ventajas comparativas en el acceso a los mercados cercanos a su ubicación geográfica. Los equipos agrícolas tienen un peso elevado y el flete debe ser absorbido por el cliente. Por otra parte, la cercanía a la fábrica facilita el servicio de reparaciones y la venta de repuestos, tareas que el distribuidor deriva hacia el fabricante.

Rota Agro no vio mayormente afectada su posición en las zonas de oriente y de occidente, hacia donde dirigía rastras livianas de levante hidráulico y con ruedas que las otras empresas no fabricaban.

En las regiones y tipos de rastra donde hubo competencia, los productos de Nardi y Tarapo garantizaban mejor calidad y menor necesidad de reparaciones pues contaban con diseños cuidadosamente estudiados e incorporaban una proporción más alta de partes e insumos importados.

En los años 1978-81 se produjo una aguda contracción del mercado de maquinaria agrícola por efecto tanto de una política de congelamiento de precios como a consecuencia de la sobreexpansión que dicho mercado exhibiera entre 1974 y 1977 al amparo de una política crediticia excesivamente liberal. Dicha contracción amplió el ámbito de competencia entre las empresas y modificó algunas de sus pautas de comportamiento económico y tecnológico. Analizaremos seguidamente esa etapa.

2.3. El período recesivo - 1978-81

A principios de 1978 se redujo el monto de créditos derivado hacia la actividad agrícola. Los agricultores, que en los cuatro años anteriores habían saturado su capacidad de absorción de bienes de capital, restringieron en gran medida la demanda de equipo agrícola.

Por otra parte, la política de congelación de precios adoptada en 1975 se mantuvo inalterada hasta agosto de 1979. En el lapso transcurrido, sucesivos aumentos de salarios y de materias primas comprimieron los márgenes de ganancia de las empresas de maquinaria agrícola. Algunas firmas tuvieron pérdidas en sus balances. Otras, como Tanapo, restringieron el volumen de producción y acumularon inventarios a la espera de la liberación de precios.

El período recesivo duró desde 1978 hasta 1981. En su transcurso, aquellas empresas artesanales que durante la onda expansiva ampliaron sus ventas, quebraron o diversificaron sus actividades hacia otras ramas de la actividad metalmecánica.

Las ventas totales de Rota Agro se redujeron a la mitad en dicho período en términos nominales. La retracción de demanda alcanzó a todos sus productos. La venta de segadoras rotativas disminuyó de 960 a 760 unidades entre 1977 y 1981. Las cultivadoras de 295 a 100. Los arados fijos y reversibles de 360 a 180 unidades en el mismo período.

Las rastras continuaron como primer rubro en las ventas de Rota Agro, aunque sólo se vendieron 750 en 1981, mientras que en 1977 se alcanzó una venta de 3.300 unidades. Esta disminución tan dramática, se debe a dos factores. Por un lado, cayó la demanda global de rastras. Por otro, Nardi, y especialmente Tanapo, aumentaron su participación en el mercado total.

Nardi también vio disminuir sus ventas totales aunque en proporción menor que Rota Agro. En 1977 tenían una gran variedad de líneas en maquinaria agrícola correspondientes al primer nivel de complejidad en técnicas productivas. Encaró el proceso recesivo mediante una estrategia de diversificación hacia varios productos que no se fabricaban en el país. Lo hizo en una escala reducida y su oferta continuó concentrada en rastras, sembradoras, discos y arados. La diversificación se vio facilitada por el respaldo de Nardi en Italia, su casa matriz, que le proveyó asistencia tecnológica en diseño de varios nuevos productos.

En rastras, el volumen de ventas de Nardi disminuyó de 850 en 1977 a 490 en 1981, pero su participación en el mercado creció del 19 al 25 %. En parte, éste fue el resultado de su política de diversificación geográfica, que le permitió aumentar su presencia en regiones a las cuales antes tenía un acceso limitado.

En 1979 comenzó la producción de rastras semipesadas con ruedas, de gran demanda en los cultivos del oriente. Al año siguiente presentó las primeras rastras livianas de levante hidráulico, dirigidas en especial hacia occidente. De esa forma, se intensificó la competencia con Rota Agro. Las rastras Nardi mantuvieron durante el período algunas características que les confirieron mejor calidad y menor incidencia de roturas, lo cual facilitó su penetración en el mercado. Los precios fueron algo superiores, pero las diferencias tenían menos importancia que las existentes durante el período anterior.

Tanapo fue la única de las empresas que aumentó su volumen de producción durante el período recesivo. En 1977 vendió 400 rastras, mientras que en 1981 igualó las ventas de Rota Agro con 750 unidades. Tanapo había limitado deliberadamente su oferta durante el período expansivo. En los años 1976 a 1978 amplió la escala de la producción y racionalizó el diseño de la planta, lo cual absorbió buena parte del esfuerzo gerencial en una empresa de carácter familiar. Luego estuvo a la expectativa de la liberación de precios y entonces expandió su oferta. En 1977 representaba el 9 % del mercado de rastras, mientras que en 1981 alcanzó el 37 %. En el período 1974-79 desarrolló una diversificación que le permitió igualar el número de modelos que a la fecha tenía Rota Agro. Cuando a partir de 1980 agregó las rastras livianas y semipesadas con ruedas y otros varios modelos que son variantes de las líneas tradicionales, consolidó su liderazgo en este aspecto. También mantiene el liderazgo en calidad del producto. Esta es una característica reconocida por los otros empresarios del sector y por los distribuidores, que prefieren vender productos que disminuyen el riesgo de reclamos y servicios de postventa.

Rota Agro sufrió el avance de participación en el mercado de sus dos competidores. Durante la fase expansiva dedicó los mayores esfuerzos a la ampliación de la escala productiva, pero descuidó los aspectos relacionados a la ingeniería de diseño. Había incorporado equipos técnicos profesionales, pero puso el acento en la expansión y diversificación de la oferta y no en la mejora de la calidad.

En la fase recesiva el mercado se volvió más exigente. Los agricultores comenzaron a prestar mayor atención a la calidad de los productos. Aumentó el clima competitivo pues Nardi y Tanapo diversificaron su oferta y salieron definitivamente de sus ámbitos regionales. La liberación de precios disminuyó las diferencias habidas anteriormente y comenzó a esbozarse cierta competencia en condiciones de venta que antes no existía. Durante 1980 y 1981 Rota Agro y Nardi acumularon grandes inventarios de materias primas y productos semielaborados y terminados. Ante el aumento del costo de financiamiento ambas empresas dieron condiciones especiales de plazo de pago y costo de flete a fin de competir entre sí. Tanapo se mantuvo al margen de esta pugna pues sólo vende al contado y no acumuló inventarios.

La orientación del mercado y la conducta de los empresarios repercutió desfavorablemente en la performance de Rota Agro, lo cual indujo a esta empresa a revisar su estrategia innovativa.

3. Replanteo de la estrategia innovativa

Rota Agro perdió participación en el mercado de rastras como consecuencia de su limitada capacidad de diseño de productos y de su baja calidad de manufactura. En los

años en que estuvo sola en el mercado, o lo compartió con la producción artesanal, su calidad y su precio fueron suficientes para satisfacer la demanda. Posteriormente, el ingreso de Nardi y Tanapo le planteó un desafío que no pudo superar con éxito. Tampoco logró organizar su proceso de producción de forma que pudiese competir con costos y precios inferiores. Por el contrario, en el período de recesión la caída de la demanda dirigida a la empresa determinó la aparición de capacidad ociosa muy alta y un diseño de planta muy poco adecuado al nuevo nivel de operación.

En 1980 asumió la gerencia de planificación Rigoberto González, el quinto hermano de la familia, que por su edad y su formación profesional casi pertenece a otra generación. En 1974 fue a los Estados Unidos donde se graduó en ingeniería industrial. A su regreso se incorporó a la empresa.

La situación de la empresa en ese momento y la incorporación del nuevo profesional, contribuyeron a determinar un replanteo global de la estrategia competitiva y de la organización industrial. Sobre este tema se volverá más adelante en este trabajo.

A fin de hacer frente a la competencia se comprendió la necesidad de mejorar el diseño de las rastras y modificar la estrategia de diversificación.

En cuanto a las modificaciones de diseño, se observa que las mismas están frecuentemente inspiradas en las soluciones incorporadas a los productos de Tanapo.

En los últimos años se había planteado un serio problema con el sistema de rodamiento de las rastras livianas de tiro, aquéllas donde la lucha competitiva es más fuerte. El rodamiento de bola o "manzana" se importaba de los Estados Unidos y era de buena calidad. La base o soporte del rodamiento se fabricaba en la planta de fundición de la firma y se maquinaba en otra empresa metalmecánica. Pero el maquinado no se adecuaba a la forma de la bola y el problema recién se advertía cuando llegaba el reclamo del usuario. Esta circunstancia restó confianza en las rastras de Rota Agro. Uno de los hermanos tomó a su cargo el estudio del problema y partió del sistema de rodamiento que usa Tanapo, empresa que importa el conjunto de rodamiento y soporte. Luego de cuatro meses de ensayo parece haberse llegado a resultados satisfactorios en el proceso de maquinado y en el estudio de materiales. Dado que la planta de fundición no puede procesar el tipo de hierro que se requiere, se está considerando derivar su producción a otra empresa.

A raíz de la integración de su planta de fundición, Rota Agro había incorporado a las rastras un conjunto indiscriminado de piezas de hierro fundido donde tecnológicamente se aconsejarían otros materiales. Ya se han hecho algunas preseries de rastras con ruedas donde las piezas fundidas que se utilizan como separadores de discos son reemplazados por tubos estructurales huecos, que, aunque más costosos, son simples de cortar y aseguran mejor calidad.

Las rastras de Rota Agro son alrededor de un 30 % más pesadas que las de Tanapo. Esto implica mayores costos en materias primas. El mayor peso es el resultado de los sucesivos refuerzos de los modelos originales en la tarea de adaptación. Rota Agro está estudiando la forma de aligerar sus rastras para lo cual cambiará el principio de barra de tiro fija. Si se le otorgan graduaciones y el ángulo de la barra de tiro se combina con el ángulo de apertura de los bastidores, se puede compensar el peso que se le quitara a la estructura general del equipo. El principio de barra de tiro graduable fue adoptado por Tanapo desde su ingreso al mercado.

El objetivo de la tarea de revisión de los diseños es doble. Por un lado se espera mejorar la calidad del producto final y por otro disminuir los costos de producción a fin de poder competir en precios. Para ello es necesario rediseñar los planos, el utilaje y los sistemas de producción. También hace falta capacitar al personal en las nuevas técnicas productivas. La empresa es conciente que cada vez es más difícil realizar un cambio de tal envergadura puesto que deben romperse rutinas ya asentadas. Pero es la forma más adecuada de intentar la recuperación de las posiciones perdidas.

El otro medio para hacerlo es la estrategia de diversificación. La empresa está atenta a las modificaciones de la demanda. En 1981 se introdujo una línea de rastras extralivianas, de bajo costo de producción pues se detectó la existencia de una demanda creciente por parte de agricultores pequeños o de fin de semana. También resulta fácil en tareas de mantenimiento de pequeñas áreas verdes. Este modelo es exclusivo de Rota Agro. También se está estudiando la depuración de los modelos ofrecidos, pues hay algunos cuya demanda es muy pequeña y no justifica la acumulación de materias primas, moldes y utillaje.

La política de diversificación también abarcará la incorporación de otras líneas. La existencia de una alta capacidad ociosa da las bases materiales para realizarla. La empresa se propone iniciar la diversificación de su oferta hacia aquellos equipos cuya producción comenzó en 1971 e interrumpió tres años más tarde. En general, están en la línea de los equipos necesarios para la preparación y mantenimiento de los terrenos.

La firma cuenta con todos los recursos. Existe capacidad ociosa dado que el proceso de producción es similar al actual y no se requieren adiciones de capital. Las materias primas son similares a las utilizadas en la actualidad. Se partirá de los diseños de los productos que elaboraban antes. Existe mercado, abastecido principalmente con bienes importados. Se acumuló experiencia en rediseño adaptativo y se cuenta con capacidad organizativa y administrativa. La implementación de la estrategia está avanzada. En ciertas líneas la empresa ha llegado hasta la etapa de pruebas con prototipos.

Pero algunos de los productos en desarrollo también son ofrecidos actualmente por otras empresas. Es el caso de los rolos, que fabrica Nardi. A su vez Nardi acaba de introducir en el mercado un modelo de segadora rotativa, el producto con el cual inició su actividad Rota Agro en 1964. Rota Agro ofrece actualmente una gran variedad de segadoras, pero el modelo elegido por Nardi se asemeja al de mayor venta por parte de Rota Agro.

El clima competitivo estuvo aumentando en los últimos años y lo hará más aún en el futuro. En la medida que se asemejen las calidades de los productos, que se superpongan los ámbitos geográficos de venta de las distintas empresas y que éstas concurran al mercado con productos similares, la competencia se basará más y más en las características de los equipos, en los precios y en las condiciones de venta.

4. Desarrollo de las innovaciones adaptativas

En las secciones anteriores se hizo referencia a algunas características del comportamiento de Rota Agro en la adaptación de modelos extranjeros a las condiciones de suelo y uso locales. Aquí se vuelve sobre el tema pero se enfoca principalmente el método de selección y desarrollo de los productos.

Con el transcurso del tiempo se fue conformando en la empresa un método para seleccionar y desarrollar productos nuevos. Consiste en una larga sucesión de fases o tareas que siguen cierta secuencia temporal.

Ante todo, en la historia de Rota Agro y de las otras empresas nacionales se han adaptado únicamente equipos de baja complejidad en cuanto a técnicas de producción y ensamble. Por tal razón no se ofrece hoy en el mercado nacional maquinaria agrícola de tracción propia ni cosechadoras, que corresponden a un segundo nivel de complejidad.

En el proceso de selección del producto la primer tarea consiste en la elección de una de las marcas extranjeras más aceptadas en el mercado nacional. El modelo se estudia meticulosamente para definir cómo reproducirlo en la planta. Uno de los hermanos se especializa en esta función. Luego se consideran las opiniones de los agricultores y de los distribuidores para conocer cuáles son los principales problemas que se presentan en la operación. A continuación se reunen los gerentes de planificación y de producción y algunos técnicos y jefes de departamento para diseñar el prototipo, sobre el cual se realizan las mejoras y modificaciones. Construido el prototipo, se prueba en una finca de la familia y se introducen algunas correcciones. Se elabora entonces una preserie de cuatro o cinco unidades y se entrega a agricultores conocidos de distintas zonas. Con las observaciones recogidas se diseña el modelo definitivo. A partir de entonces sucede un largo período de seguimiento y modificaciones menores que es permanente, dado que aún hoy se realizan correcciones en todos los modelos que produce la firma.

La adaptación al medio local es progresiva. El modelo inicial, copiado ya con una intención adaptativa, sufre a lo largo de los años una serie de modificaciones que poco a poco van eliminando los problemas que puede presentar. Se entabla un verdadero diálogo tecnológico entre el fabricante y el productor agropecuario. La forma de expresión de este último es el reclamo, captado por la empresa.

Junto a los catálogos y garantías que se entregan al usuario en el momento de la venta, se incluyen unas planillas de reclamo. El fabricante aprende de ellas pues permiten identificar las fallas y puntos débiles de cada modelo. Cuando ocurre algún problema debe enviarse cada pieza dañada junto con la planilla de reclamo. En ella se solicitan los datos de identificación del equipo, un informe sobre el origen de la rotura y la descripción de las condiciones del terreno de labor. En ocasiones se envía un técnico al lugar para que revise el equipo y las circunstancias en que se produjo la avería. Ese técnico produce su propio informe y a su regreso da instrucciones a los técnicos de la planta. De todas las visitas al campo se lleva un archivo completo, pero no se cuenta con un sistema estadístico de las averías que guíe la tarea de corrección. Cuando la falla se repite algunas veces, se decide estudiar el problema para darle solución.

Una fuente importante de fallas es la mala preparación del tractorista y la ausencia de buen asesoramiento en la selección de los equipos. En general el asesoramiento es brindado solamente por el distribuidor, que carece tanto de motivación como de preparación suficiente para hacerlo con idoneidad. Es usual que el agricultor utilice tractores cuya potencia excede la capacidad de resistencia del equipo que arrastra.

La demanda, pues, en sus múltiples manifestaciones, aparece aquí como la fuente principal de la que surgen las propuestas de diversificación y las modificaciones permanentes que se efectúan en los diseños. El seguimiento es el nexo que se establece entre las necesidades del usuario y el rediseño de los productos. Se procura a la vez resolver

las fallas que se presentan en el trabajo agrícola y adaptar los equipos a las modalidades de uso, que evolucionan en el tiempo.

El ingeniero Rigoberto González es quien supervisa la tarea. A partir de las hojas de reclamo y de los informes del técnico que hace el servicio de campo, detecta los problemas a corregir, identifica su origen, propone las soluciones y da cuenta de los mismos al responsable del control de calidad.

Las correcciones que se introducen son habitualmente refuerzos en las estructuras, rediseños de la forma y tamaño de algunas partes, cambios en el sistema de sujeción de las piezas, reemplazo de materias primas, sustitución de partes o piezas por otras de mejor calidad y eliminación o cambio de mecanismos inseguros.

Dichas modificaciones se hacen con regularidad y reconocen como origen no sólo a problemas de funcionamiento o uso de los productos, sino también escasez o baja calidad de algunos insumos, simplificación en la elaboración de las partes o en el ensamblaje y búsqueda de disminución de costos de fabricación.

Este conjunto de causas que promueven la innovación es común a las otras empresas del ramo. Pero debe destacarse que Nardi y Tanapo realizan los principales cambios que derivan del uso del equipo en uno o dos años a partir de su lanzamiento, y las modificaciones siguientes no son frecuentes. En cambio Rota Agro ausculta durante más tiempo, y en forma más intensa, las respuestas del mercado. Ello ocurre como consecuencia de la asistencia tecnológica en diseño que reciben las otras dos empresas de su casa matriz y de la firma licenciante, respectivamente. La asistencia en proceso de producción tiene al respecto un papel de menor importancia, dado que la ingeniería de proceso involucrada es muy sencilla salvo la elección de materias primas.

La asistencia tecnológica ahorra dudas, pruebas y errores. En ocasiones Nardi y Tanapo reciben diseños que ya han sido adaptados por las firmas extranjeras a las cuales están vinculadas, pues éstas tienen experiencia en rediseño adaptativo a condiciones más difíciles que las de origen. Ello ocurre pues son empresas cuyo departamento exterior es más importante que el interno, dado que tienen subsidiarias o contratos de tecnología con firmas de varios países en desarrollo.

Un factor coadyuvante reside en el hecho de que Nardi y especialmente Tanapo trabajan con un contenido unitario de importaciones mayor que Rota Agro. Ello deriva de las especificaciones de producto que las empresas internacionales les imponen. Como consecuencia parten de una calidad ya comprobada y estable de sus materias primas, mientras que Rota Agro inicia su búsqueda a partir de las observaciones de los materiales usados en productos de diverso origen que encuentra en el ámbito local.

Recién en el último año, a raíz de los reclamos del mercado, de la acumulación de experiencia y en especial del acicate de la competencia, que es cada vez más fuerte, Rota Agro está intentando acercarse a la calidad de las rastras de Nardi y Tanapo. Los productos Rota Agro actuales guardan una lejana semejanza con los modelos originales que introdujo al mercado, mientras que en las otras empresas las diferencias fundamentales se refieren a modificaciones que no alteraron significativamente los diseños. En estas empresas las modificaciones no iniciales suelen estar impulsadas por razones de costo o por causas circunstanciales vinculadas generalmente a problemas de suministro regular de materias primas.

5. Integración vertical y sendero tecnológico

En 1968 Rota Agro decidió suplantar la provisión externa de piezas fundidas en hierro gris por la producción propia de las mismas. Varias razones motivaron la integración de la planta de fundición. La calidad de las piezas compradas al proveedor era deficiente. No se efectuaba control de calidad en la producción y muchas piezas resultaban demasiado duras y se rompían cuando el equipo estaba en uso. Además, el suministro adolecía de irregularidades, lo cual perturbaba las tareas de programación. Pero la razón más importante quizá deba buscarse en el costo. En el contexto de una industria metalmecánica muy incipiente, no existían buenas plantas de fundición y su número era escaso, lo cual permitía altos márgenes de utilidad; integrar la planta implicaba para Rota Agro disminuir costos de producción. Las piezas fabricadas en la empresa se utilizaban para uso propio y para reposición. En términos promedio, la fundición comprendía alrededor del 10 % del costo de los productos elaborados por Rota Agro.

Para integrar la planta Rota Agro absorbió al principal técnico en fundición de la empresa proveedora y a un conjunto de operarios calificados, formados en la misma. En aquel momento una de las mayores dificultades para instalar una fundición residía en encontrar sobreestantes y trabajadores de experiencia. El técnico incorporado realizó la selección del equipo de capital necesario, decidió sobre la rutina del proceso y puso en funcionamiento la planta de la cual quedó como jefe.

La capacidad del horno instalado en 1968 alcanzaba a unas 10 ó 15 toneladas diarias. En la planta se fabricaban las matrices y machos necesarios. En 1976, en pleno auge de ventas, se incorporó otro horno, con lo cual la capacidad productiva alcanzó a 40 ó 50 toneladas por día.

A partir de la integración de la planta de fundición, y a fin de elevar el nivel de uso de capacidad instalada, se fue conformando una conducta tecnológica particular al interior de esta firma. Todas las partes que se pudiesen fabricar en fundición, mientras los costos y la calidad lo permitieran, se hacían de esa forma.

Partes que anteriormente eran producto del maquinado fueron reemplazadas por piezas de fundición. En ocasiones hubo que hacer pequeñas modificaciones de diseño para lograr una buena adaptación. Por ejemplo, las abrazaderas donde se articula el tren de ruedas de la segadora rotativa antes se fabricaban a partir de pletinas y luego se elaboraron con material fundido. Los productos Rota Agro durante mucho tiempo se caracterizaron por tener un porcentaje de piezas de fundición superior al de otras empresas del sector. Ninguna de éstas cuenta con planta de fundición propia.

La planta de fundición sólo fue utilizada a niveles cercanos a los de su capacidad de diseño en los años de auge. No había sido concebida para incorporar técnicas avanzadas de producción. Sin embargo, su estructura permitía utilizar no sólo hierro sino también acero, con una inversión adicional pequeña. Un proyecto de tal naturaleza estaba avanzado en 1977, pero la reducción de los créditos agropecuarios en 1978 y la caída de la demanda indicaron que no era oportuno.

En el período recesivo el margen de capacidad ociosa fue muy alto. Además al subir el precio del hierro en muchos casos no conviene utilizar piezas de fundición. Por otra parte, razones ligadas a la calidad de los productos indican que existe un abuso en la utilización poco discriminada de materiales de fundición, que Rota Agro ahora toma en cuenta. Al respecto ya se ha hecho referencia en párrafos anteriores al caso de los

separadores de discos que serán reemplazados por tubos huecos a fin de mejorar la calidad de las rastras. En el caso de los soportes de las rolineras, el nuevo diseño en desarrollo por Rota Agro requiere un tipo de hierro para fundir que no puede ser procesado en la planta, por lo cual disminuiría aún más su uso. De hecho actualmente la planta de fundición está semiparalizada. Resulta demasiado amplia para las necesidades de la empresa y en algunos aspectos es obsoleta.

En 1973 Rota Agro integró a su planta la producción de discos a fin de abastecer las necesidades propias y vender como repuesto para equipos de todas las marcas.

Rota Agro no quería depender en la provisión de discos de Nardi, su eventual competidor en el mercado de maquinaria agrícola. Y tampoco deseaba depender de su otro proveedor, la Ingersoll Apolo de Colombia. Este también era un competidor potencial pues producía equipo agrícola. Algunas demoras en el suministro de discos importados hicieron temer a Rota Agro que un desabastecimiento temporal en la provisión de productos finales pudiese incidir en un cambio en la política proteccionista del estado venezolado. Es por ello que decidió instalar su propia fábrica de discos.

La decisión e implementación del proyecto de la planta de discos se realizó en sólo ocho meses. Un primo de la familia, ingeniero mecánico radicado en los Estados Unidos diseñó el proyecto, instaló la planta, y estuvo al frente de la misma durante dos años. La planta mantiene actualmente la capacidad inicial de 150.000 discos al año. En 1976 incorporó otro horno y algunos pequeños equipos adicionales, pero no se modificó la capacidad potencial. También se instaló un pequeño laboratorio para realizar pruebas y control de calidad.

Los discos son un insumo esencial de las rastras y arados que ofrece Rota Agro. Representan el 25 % del costo total de las rastras. Junto con la fundición se llega al 35 % de los materiales y partes insumidos en ese producto.

La planta de discos trabajó con buen ritmo hasta 1977, pero cuando las ventas de equipos comenzaron a bajar, creció sustancialmente el grado de capacidad no utilizada. En los años 1978 y 1979 Rota Agro compitió con Nardi en la provisión de discos a Tanapo y otros talleres artesanales que desaparecieron poco más tarde. La caída de las ventas en maquinaria agrícola a partir de 1978 tuvo su reflejo en una alta capacidad ociosa de la planta de discos que se mantiene hasta la actualidad.

La integración de ambas plantas reconoció en su momento motivos relacionados con el suministro, la calidad y el precio de los insumos, pero condujeron a un uso por momentos muy ineficiente de la capacidad instalada y a mayores dificultades en la programación de la producción y en la organización industrial.

La escasa evolución del sector metalmecánico en Venezuela explica la limitada extensión del mercado de insumos y la limitada capacidad técnica de los proveedores. Estas condiciones inducen grados de integración vertical que en otros ámbitos económicos serían mucho más reducidos por razones de eficiencia y organización.

6. Organización de talleres auxiliares

Rota Agro respondió al incrementó de la demanda a partir de 1974 con un fuerte aumento de su equipo de capital. Simultáneamente expandió su dotación de mano de

obra. Entre 1974 y 1976 la nómina de planta aumentó de 140 a 450 obreros. Además, se adoptaron otras medidas para extender la capacidad productiva. Primero se inició la práctica de sobretiempos u horas extra. Luego se incorporó el doble turno, que abarcaba exclusivamente la actividad de soldadura, verdadero cuello de botella del proceso productivo.

A partir de 1977 —esto es, con los inicios de la recesión— se inició la práctica de los talleres auxiliares, que tomó dos modalidades. Algunos eran externos a la empresa y otros se establecieron en su interior.

Los primeros contaban con cerca de 50 obreros, agrupados en unos 10 talleres independientes entre sí. Se alentó a ciertos operarios calificados con experiencia de trabajo en la empresa a instalar talleres externos. Se les ayudó a obtener maquinaria y herramientas, que en la mayor parte de los casos pertenecían a la firma y cuyo costo fue pagándose mediante el trabajo realizado. Las materias primas eran provistas por la empresa, que se beneficiaba de su capacidad de adquirir grandes partidas en condiciones favorables. Los talleres realizaban diversas operaciones, tales como tornería, maquinado en general y soldadura. La empresa se reservaba el derecho de rechazar las partes y piezas procesadas en los talleres cuando no respetaban las especificaciones técnicas previamente establecidas. Eventualmente la empresa tuvo dificultades con los productos encargados a los talleres externos, sobre todo por no respetar las tolerancias fijadas en los planos de las piezas. En casos particulares se debió suspender la fabricación de ciertas piezas bajo este régimen.

No preocupaba a la empresa que los talleres externos pudieran convertirse en eventuales competidores. En realidad cada uno de ellos cubría solamente procesos parciales y se restringían a una especialización muy bien delimitada. Estaban en libertad de trabajar para terceros, y en alguna medida lo hacían.

La experiencia de los talleres externos fue positiva para la empresa. Mediante esa práctica disminuían los costos indirectos de fabricación y se ahorraban los gastos de seguridad social, que a partir de 1974 habían aumentando fuertemente según lo establecía la nueva legislación laboral.

La depresión, que se extendió hasta fines de 1981, puso en evidencia otra consecuencia de la construcción del taller externo. Cuando la capacidad ociosa de la planta alcanzó niveles muy altos, la empresa decidió reducir el volumen de trabajo derivado hacia los talleres a fin de disminuir el impacto de la recesión sobre la tasa de uso de la capacidad productiva de su propia planta. Actualmente Rota Agro mantiene un solo taller externo que realiza tareas de soldadura y cuenta con 6 obreros.

Se observa pues como la expansión y contracción de los talleres externos resulta coyuntural y tiende a utilizarse como variable anticíclica. A diferencia de esto, la experiencia de los talleres internos siguió otro camino.

A partir de 1976 comenzaron a organizarse talleres auxiliares internos a la planta. Se cedían máquinas a algunos obreros que formaban pequeñas unidades de tres a cuatro operarios que se encargaban de ciertas etapas del proceso de producción. La empresa pagaba al responsable del taller según monto de la tarea realizada, y éste establecía las condiciones de remuneración libremente con el resto del equipo. En 1976 alrededor de 50 obreros trabajaban en la planta según esta modalidad y al año siguiente esa cifra se duplicó. En 1977 el personal total relacionado a la empresa era de 600 obreros y emplea-

dos. Trescientos ochenta pertenecían a la nómina de planta, 100 formaban los talleres auxiliares, la administración comprendía a 70 empleados.

Mediante los talleres auxiliares internos la empresa obtenía múltiples ventajas. Se eliminaban los problemas y costos de supervisión del trabajo, lo cual se reemplazaba por el control de calidad de las piezas, que no eran admitidas si no satisfacían las especificaciones exigidas. Se eludían o eliminaban problemas de relación laboral, que en esos años de plena ocupación en la industria eran frecuentes. Además, la legislación vigente señalaba la obligación de duplicar el monto de la indemnización normal cuando el despido no se justificaba en razones atribuidas a un comportamiento claramente irregular del obrero. Solía ocurrir que algunos obreros, luego de haber trabajado durante un tiempo en nómina, forzaban su despido con el fin de ampararse en la legislación.

Todas estas ventajas eran similares para ambos tipos de taller auxiliar. Pero en la fase de depresión el porcentaje de obreros organizado bajo la forma de taller interno aumentó considerablemente. En 1981 de los 80 obreros que trabajaban en la planta, el 60 % pertenecía a talleres auxiliares.

La experiencia demostró que el taller interno funciona como un eficaz sistema de incentivos laborales. La productividad física en ellos es perceptiblemente más alta que en el personal de nómina. Las únicas tareas que en Rota Agro se cumplen actualmente con personal fijo de planta son las de fundición y fabricación de discos. Todo el sistema de producción se realiza bajo la forma de taller auxiliar. En mantenimiento y ensamblaje se mantienen las dos modalidades de trabajo.

Han pasado a taller auxiliar interno operarios experimentados y de confianza que anteriormente eran personal fijo. Observaciones realizadas por la empresa revelan que la productividad del taller auxiliar es mucho mayor que la del personal de nómina y el costo para la empresa es menor. La disposición para el trabajo, la atención en la tarea, el cuidado del equipo de capital y del herramental y materias primas necesarias distinguen favorablemente al taller auxiliar. La firma ha logrado de esta forma responder a una preocupación que es común a otras empresas industriales del país.

7. Proceso de producción y organización industrial en el ciclo de ventas

A partir de 1968, cuando se legisló la protección arancelaria, Rota Agro comenzó a realizar incorporaciones en su equipo de capital. El aumento de la demanda, la política de diversificación, la integración de las plantas de fundición y de discos, requirieron ampliar la capacidad productiva. Pero hubo una aceleración muy fuerte a partir de 1974 pues la empresa decidió acompañar con nuevas inversiones el auge de ventas. Las incorporaciones de capital se realizaron en forma desordenada. Los empresarios se dejaron llevar por la coyuntura y no establecieron una política de crecimiento a mediano o largo plazo.

Los equipos incorporados entre 1974 y 1977 eran en su mayor parte de características similares a los existentes. Sólo algunos permitían mayor eficiencia productiva. Entre ellos se destacaban tornos copiadores, tornos revólver y equipos de soldadura que admiten varias piezas en forma simultánea. Casi todas las máquinas eran nuevas y fueron compradas a distribuidores locales. En general los nuevos equipos no modificaron la

rutina del proceso de producción ni garantizaban la elevación del nivel de calidad de los productos.

Acicateada por la demanda, la firma desarrolló otras varias formas de extensión de la capacidad productiva que no requerían de expansión concomitante del equipo de capital. Entre ellas se cuentan la concentración de la oferta en sólo cuatro líneas, la política de sobretiempos y la incorporación del doble turno, la organización de los talleres auxiliares y la normalización de piezas y partes. Ya se ha hecho referencia a las primeras.

La práctica de la normalización comenzó a desarrollarse a partir de 1971 cuando se inició el período de diversificación muy rápida. Pero se intensificó en 1974, como consecuencia del aumento de la escala productiva. Por una parte se tendió a minimizar el nivel de desperdicios de las materias primas mediante el estudio de diseños. Además, se intentó normalizar las piezas difíciles de producir, de forma que cumpliesen con las exigencias de diversos modelos de una línea o de distintas partes de un mismo producto. Esto permitía también la fabricación de lotes de mayor tamaño en el caso de dichas piezas. En el período de expansión la tarea de normalización fue realizada por personal técnico y de dibujo, recientemente incorporado a la empresa.

La estructura organizativa de Rota Agro maduró con el desarrollo de la firma, pero conservó siempre su estilo peculiar de gerencia caracterizada por la relación familiar de los empresarios. Existe una responsabilidad compartida por los cuatro hermanos, pero hay cierta división de tareas, que reconoce diversas aptitudes e inclinaciones. Uno de los hermanos, el presidente de la compañía, no ejerce funciones productivas. Se encarga de ventas y de la relación con organismos gremiales y públicos. Otro comparte tareas técnicas como director de la planta de discos con funciones administrativas. Un tercero participa especialmente en el diseño y producción y ocasionalmente en tareas gerenciales. El cuarto se ocupa de tareas productivas con exclusividad. Pero en caso de ausencias temporales los hermanos se reemplazan entre sí.

Las decisiones más importantes se realizan en conjunto. Existe una gran flexibilidad organizativa a nivel de dirección. En algunas actividades técnicas se van incorporando hijos y sobrinos de los propietarios. La organización informal de funciones es acompañada por un método de comunicación verbal, que alcanza tanto a niveles gerenciales como a los jefes de departamento.

La empresa no tiene vinculación tecnológica con ninguna firma extranjera. Cuando se requiere capacidad técnica que excede la existente se busca primero dentro de la familia. Excepciones a esta norma ocurrieron en la fase de expansión de la demanda.

En los años de auge fue necesario desarrollar equipos técnicos y crear departamentos a cargo de ingenieros. Los hermanos González no tenían estudios técnicos y la expansión de la actividad y la competencia que se desarrollaba en el mercado exigieron el concurso de capacidad ingenieril nueva.

La empresa llegó a contar en 1977 con nueve ingenieros, varios técnicos superiores y alrededor de diez dibujantes. Las tareas de producción, programación y control de calidad requirieron la participación de profesionales especializados.

Al departamento técnico creado en 1973 se incorporó en 1976 un ingeniero industrial, integrante de la familia, que fue asistido por un grupo de dibujantes y auxiliares. Este equipo se encargó de las tareas relacionadas a ingeniería de diseño. En 1976 se creó una unidad de servicios que estaba bajo la dirección de un ingeniero civil. Tenía equipos

para realizar construcciones e instalaciones e incluía un taller de electricidad. En el departamento de control de calidad trabajaban dos ingenieros asistidos por tres técnicos especialistas. A la gerencia de ventas se incorporó otro miembros de la familia, ingeniero agrónomo, que se desempeñó en el cargo entre 1975 y 1978. Al frente de la planta de discos se ubicó un ingeniero industrial. Un ingeniero mecánico dirigía la planta de maquinaria agrícola y otro se encargaba del departamento de mantenimiento. En 1976 se creó el departamento de planificación de la producción, dirigido por un ingeniero industrial. La complejidad en aumento de las tareas de programación así lo exigía. De su labor surgió la organización de los talleres auxiliares.

Rota Agro aprovechó al máximo el período de auge. Extendió la escala de sus operaciones, siguió con su activa política comercial y por tal razón, sufrió seriamente la depresión ulterior. La estrategia de la empresa y de sus equipos técnicos durante el auge persiguió fines inmediatos derivados del aumento explosivo de la demanda. Cuando cayeron las ventas la empresa tenía una planta y una estructura organizativa sobredimensionadas. Las consecuencias de su conducta afectaron en los años siguientes todas las áreas de la actividad empresaria.

Los talleres auxiliares externos se redujeron a una expresión mínima. Era necesario disminuir la capacidad ociosa de la planta y reintegrar hacia adentro la actividad productiva.

Varios equipos técnicos se disolvieron o revirtieron hacia la situación anterior. La unidad de servicios se desmanteló en 1979. En control de calidad quedó un solo ingeniero, que además cumple otras funciones, acompañado por un técnico que realiza el servicio de campo y atiende los reclamos de los agricultores. Se separaron de la empresa los cuatro ingenieros que dirigían la gerencia de ventas, la planta de discos, la planta de maquinaria agrícola y el departamento de mantenimiento. El departamento de planificación se disolvió en 1978. Actualmente quedan dos ingenieros en la empresa, el encargado de control de calidad y Rigoberto González, que asumió la gerencia de planificación en 1980, organizada en ese momento en ocasión de su ingreso a la empresa.

Ante una demanda disminuida, la planta sobredimensionada y competidores que ocupaban nuevas porciones del mercado que eran resignadas por Rota Agro, el tema de los costos de producción adquirió una importancia muy especial. La tarea de normalización no se interrumpió pero asumió el objetivo de disminuir costos de producción. Antes se diseñaba y producía en planta un soporte o centro de ruedas donde se ajustaban los limpia-discos, que era diferente para cada tipo de rastras. En 1979 se diseñó un soporte universal que sirve para todos los modelos y se usa tanto en la parte delantera como en la trasera. También se normalizaron las medidas de los tornillos necesarios para toda la producción de la planta. La reducción de las medidas permite la compra de partidas mayores. Por otra parte, se ha intensificado el uso de materiales que antes se consideraban como desecho. En 1981 se ubicó a un proveedor nacional de láminas que ofrece material en forma de bobina, del diámetro que solicita el cliente. De esa forma, Rota Agro ahorra tarea de maquinado y no se producen desechos en esa etapa del proceso.

La drástica reducción de personal fue acompañada de una selección por la cual se retuvo a los operarios de mayor experiencia, confianza y antigüedad en la firma. La disminución del número de obreros planteó dificultades en la programación de sus actividades. Para disminuir las incidencias de los tiempos muertos en la actividad de la mano de obra, se implementó un sistema de rotación de tareas. Esto se logró con operarios

capacitados y con experiencia que pueden desarrollar distintas funciones en diversos talleres del proceso de producción. Por ejemplo, un mismo obrero puede atender alternativamente tareas de recorte y de estampado. No es posible hacerlo en otros talleres, como torneado y soldadura, que requieren mano de obra más especializada. Además, se procuró disminuir la incidencia negativa que tiene la alta rotación de personal en la industria nacional. Para ello se establecieron líneas de comunicación más flexibles y permeables entre niveles de dirección y plantel obrero y administrativo. Se adecuó así la práctica cotidiana de dirección de personal a una escala mucho más reducida que la de los años inmediatamente anteriores.

La depresión en las ventas dejó otras secuelas que incidieron en el proceso de producción y en la organización industrial. El tamaño de la planta quedó muy sobredimensionado. El exceso de capacidad ociosa llegó a su punto más alto en 1980. El transporte de los materiales y el almacenamiento de partes y subconjuntos se volvió muy engorroso. Los talleres de mecanizado y fundición, al disminuir la producción, quedaron muy aislados del taller de ensamblado. En realidad, muchas características de la actual desorganización son producto de la improvisación de la época de auge, cuando no hubo dedicación para realizar un buen diseño de planta ante la constante incorporación de nuevos equipos.

También quedó en inventario gran volumen de materias primas, partes intermedias y bienes terminados correspondientes a todos los equipos cuya demanda decreció con rapidez. En tiempos normales los inventarios son altos pues las materias primas deben adquirirse con mucha anticipación, en especial las importadas, pues sus tiempos de entrega están sujetos a una gran irregularidad. Por otra parte, es política de la empresa entregar el producto inmediatamente con la llegada del pedido. De esa forma se supera la conducta parasitaria de los distribuidores, que no tienen existencias salvo para demostración. La empresa debe, por tanto, almacenar productos terminados. El inventario de productos terminados, en proceso de elaboración y materias primas suele alcanzar, entonces, magnitudes muy altas. Pero en la época de depresión los inventarios llegaron a corresponder al valor de ventas de un año. La empresa debió absorber los costos financieros, que en los últimos años fueron altos debido al aumento de las tasas reales de interés.

Cuando se integró Rigoberto González a la empresa en 1980 y se creó de nuevo la gerencia de planificación, la primera tarea que recibió fue la de redimensionar la planta y disminuir el almacén de materiales y partes. Entre sus funciones se encuentra proponer el plan de producción y supervisar las áreas de compras, producción, almacén y control de calidad.

A su regreso desde los Estados Unidos, dedicó los primeros tiempos a recorrer el país y tomar contacto con los distribuidores y usuarios de los productos de la empresa. Este hecho pone en evidencia la importancia atribuida por la firma a las características de la demanda como determinantes de los aspectos básicos de producción, diseño y programación.

En 1981 se realizó el traslado del taller de ensamblado para acercarlo a mecanización y soldadura. Pero todavía no se ha efectuado un nuevo diseño de planta. La restricción es financiera. La empresa no dispone de los fondos necesarios para hacerlo aunque juzgue indispensable la tarea. También se ha disminuido hasta cierto punto el enorme almacén de materiales y partes. El aumento de la tasa de interés real en los últimos años

impuso el cumplimiento de ese objetivo. Pero la empresa conserva una conducta que le dio beneficios en toda su historia. Tiene un inventario "óptimo" de subconjuntos y bienes terminados que le permite satisfacer los pedidos en un plazo muy breve, sin perder clientela.

La programación de la producción ha merecido mayor interés desde la incorporación de Rigoberto González. Se efectúa ahora cada tres meses –antes era semestral– a partir de las estimaciones que realiza la gerencia de ventas. Incluye la programación de compras de insumos nacionales e importados según grado de elaboración.

Rota Agro no tiene contabilidad de costos, lo cual da una pauta clara de aspectos importantes de la conducta de la empresa desde el punto de vista organizativo que fueron descuidados durante mucho tiempo. Actualmente se han iniciado los estudios para incorporar dicha actividad.

La empresa se encuentra en un momento de cambios en su organización interna. La incorporación de Rigoberto González ha acelerado la comprensión, predisposición y capacidad para desarrollar una reorganización integral de la firma, que abarque aspectos del diseño de planta, de la ingeniería industrial y de las tareas de administración. Esta tarea deberá integrarse y complementarse con el replanteo de la estrategia innovativa para que la empresa pueda lograr su objetivo de recuperar posiciones en el mercado.

8. Reflexiones finales

Rota Agro ha pasado por sucesivas fases de crecimiento a través de las cuales puso distinto énfasis en el desarrollo de capacidad tecnológica propia en tareas de: a) Ingeniería de diseño de productos, b) Ingeniería de producción y, c) Ingeniería de organización industrial y métodos.

El presente estudio de una firma eminentemente familiar pone en evidencia hasta qué punto el desarrollo de la capacidad tecnológica interna de la firma se ve influenciado –positiva y negativamente– por fenómenos técnicos internos a la empresa, por hechos y circunstancias inherentes al clima competitivo en que la firma actúa y, finalmente, por rasgos de la macroeconomía social y política en que ésta se halla inserta. El desequilibrio propio de las expansiones y contracciones del volumen de oferta, el ingreso de nuevos productores atraídos por una "cuasi-renta" originada en la protección arancelaria y, por sobre todo, el lento proceso de acumulación de capacidad tecnológica y gerencial propia al interior de la familia empresaria-propietaria, resaltan con total nitidez a lo largo de este estudio. El nivel relativamente primario del medio metalmecánico venezolano también emerge con toda claridad.

CASO Nº 3

UNA EMPRESA ARGENTINA PRODUCTORA DE MAQUINAS-HERRAMIENTA[43]

A. Castaño, J. Katz y F. Navajas

1. Origen, trayectoria y tamaño relativo de la firma

La firma inicia sus actividades en el año 1937, cuando dos operarios calificados, de nacionalidad italiana, empleados de la firma metalmecánica SIAM de la Argentina, deciden independizarse instalando un pequeño taller de reparación y construcción de máquinas-herramienta. El oficio y experiencia de ambos en el área de máquinas-herramienta (uno era oficial tornero y el otro ajustador) los anima a iniciar la producción artesanal de máquinas sencillas. Así comienzan produciendo un modelo manual de balancines, sobre la copia directa (sin planos) de un antiguo modelo.

La producción del taller es ubicada fácilmente dadas las especiales condiciones de escasez de maquinaria provocada por la segunda guerra mundial. Al poco tiempo, la firma queda bajo la propiedad de uno de los socios fundadores quien en 1945 decide iniciarse en la producción de tornos. Se adquieren en el país los planos de un torno conopolea universal y se inicia así la nueva actividad. En los años siguientes a la finalización de la guerra, el taller incorpora nuevas máquinas para la producción de estos tornos.

El origen y formación del personal del taller, pone de manifiesto la importancia que la inmigración de origen italiano tuvo para la industria de máquinas-herramienta de la Argentina. Casi la totalidad de los 15 operarios del taller en 1949 son italianos. En este año se incorporan al taller un técnico (dibujante) y un operario calificado, a los que el propietario de la firma contrata en Italia[44].

Hacia el año 1953, luego de haber diversificado la producción, haciendo balancines y limadoras en épocas en que la demanda por tornos caía, se decide renovar el modelo de torno, con la copia de un torno de origen checoeslovaco (Mass). La tarea de copia queda en manos del dibujante, quien al año siguiente se jubila y regresa a Italia. La producción al momento de modificarse el producto es de alrededor de 100 tornos por año y el taller ocupaba unos 20 operarios.

[43] La presente constituye una versión abreviada del estudio presentado por A. Castaño, J. Katz y F. Navajas, y publicado como: "Etapas históricas y conductas tecnológicas en una planta argentina de máquinas-herramienta", *Monografía de Trabajo Nº 38,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1981.

[44] El técnico contratado, había estado varios años en la Argentina, trabajando como jefe de una sección técnica de SIAM en donde había hecho relación con el propietario de la firma. Por su parte, el operario calificado poseía una corta experiencia adquirida en talleres metalmecánicos de Italia. Este último, proveyó la información para reconstruir la presente historia evolutiva. Según su relato, a su arribo al país en 1949 encontró el taller "muy bien equipado" en relación a sus similares italianos. Así, muchos de los equipos utilizados para el mecanizado de piezas, de origen norteamericano, eran de corta edad y superiores a lo que él había podido observar en los talleres pequeños italianos. Según nos dijo, el propietario de la firma había puesto mucho esfuerzo en conseguir un buen equipamiento para mecanizar realizando costosas inversiones. No obstante, fuera del equipo para mecanizar, describió al taller como "muy modesto", con escasez casi absoluta de equipos de transporte (la tarea se realizaba en forma manual) y con una organización artesanal donde el dueño dirigía personalmente a los operarios. Tampoco había infraestructura alguna en materia de servicios a la producción, tipo cantina, vestuarios, etc. En todos estos aspectos el taller era sumamente primitivo.

A partir de la descripción de los párrafos procedentes podemos decir que la firma bajo estudio tiene su origen como taller artesanal creado a partir de operarios calificados que se independizan. La característica inicial de la industria de máquinas-herramienta es la de un número elevado de pequeños talleres artesanales dedicados a la reparación de maquinaria y otros productos sobre la base de habilidades locales o adquiridas a través de la inmigración[45]. En la Argentina, hacia mediados de la década del cincuenta existían más de un centenar y medio de establecimientos constructores de máquinas-herramienta. La producción local, estimulada por las restricciones a la importación desde finalizada la guerra, había logrado ascender hasta las 10.000 unidades anuales entre las que se destacaban los tornos (20 %) y los taladros (40 %)[46].

La empresa estudiada formaba parte del grupo de firmas de mejor nivel operativo, aunque sin constituir una de las más importantes. Por el contrario existían unas dos o tres firmas productoras del mismo tipo de tornos que la duplicaban en cuanto a tamaño y lograban un producto de mejor calidad. De este modo, puede decirse que la firma ocupaba una posición intermedia dentro del grupo de talleres que habían superado exitosamente la primera etapa en la producción local de máquinas-herramienta[47].

Hacia la segunda mitad de los cincuenta el propietario de la firma empieza a interesarse por la idea de vender el taller con el objeto de regresar a Italia donde espera instalar otro establecimiento similar. Así previo a la búsqueda de compradores decide mejorar el equipamiento y el tipo de producto con miras a realizar una buena venta. De este modo, se asocia con un empresario italiano radicado en el país lo que le permite realizar las inversiones planeadas. Dada la limitación a la importación, obtienen una licencia que les permite incorporar equipos de producción al taller. Al mismo tiempo, utilizando la licencia, importan un torno de origen italiano (Ursus) para comercializar en el mercado local y como paso previo para realizar la copia local.

En 1958, un joven ingeniero recién incorporado a la firma, quien más tarde pasará a dirigir las tareas de diseño, realiza la copia del torno mencionado. En ese año este producto comienza a producirse, a razón de 10 máquinas por mes, con un mayor equipamiento y un plantel operario que asciende a 40 personas debido a la mayor complejidad del producto.

Desde fines de 1958 el propietario de la firma comienza a negociar su venta con posibles compradores. Entre estos últimos, se encontraba una sociedad comercial perteneciente a un grupo extranjero radicado en el país desde varios años atrás, la que finalmente compra la firma en 1959[48].

[45] Argentina, Brasil, India, Taiwan y otros PMD confirman la caracterización hecha arriba, no obstante conformar modelos de industrialización distintos. Para el caso Taiwán véase el excelente artículo de A. Amsden: The division of labour is limited by the type of market. The case of the Taiwanese machine-tool industry. *World Development,* 1977, Vol. 5, Nº 3. Para el caso de la Argentina pueden verse *CEPAL:* La fabricación de maquinaria y equipos industriales en América Latina IV. Las máquinas-herramienta en la Argentina. Nueva York, 1967.

[46] Véase CEPAL, op. cit., pág. 28.

[47] La falta de datos sobre esta época nos obliga a referirnos a descripciones obtenidas en entrevistas. No obstante puede compararse la producción de la firma —que para la segunda mitad de los 50 no había superado los cien tornos anuales— con los dos mil tornos anuales que en promedio se producían en la Argentina. Así, aún ajustando por la calidad del producto —que por otra parte era similar al de varias otras firmas— la participación de la firma no superaría un 5-10 %.

[48] La mencionada sociedad se hallaba interesada desde tiempo atrás en instalar en el país una planta de máquinas-herramienta, hecho que se realiza en la segunda mitad de los cincuenta. Así, luego de instalar la planta, enfrenta la opción de comprar una fábrica con equipamiento de cierta importancia y personal calificado, realizando finalmente la compra e integrando ambas firmas.

A partir del cambio de propiedad se originarán drásticos cambios en la organización administrativa de la firma; un período de fuertes inversiones a través de una nueva planta y equipamiento; y también cambios importantes en el tipo de máquinas producidas. La gestión empresarial quedará en manos de un directorio formado por tres personas, gerentes de diseño, de planta y financiero, todos provenientes de la antigua firma. Por su parte la sociedad propietaria del establecimiento se encargará de la comercialización de los productos de la firma. Esta estructura se conserva aún en la actualidad. Durante la primera mitad de la década del sesenta se realizará un fuerte plan de expansión de la capacidad de la firma la que incrementa notoriamente su escala. Al mismo tiempo en esta época se producen modificaciones importantes en el tipo de productos vía la creación de una oficina de diseño, con la aparición de nuevos modelos de tornos paralelos y el inicio de la producción de máquinas especiales como tornos revólver, copiadores y fresadoras. Así el fuerte incremento en la producción unido al nuevo tipo de productos ubican a la firma en una clara posición de liderazgo en la industria de tornos hacia 1965.

Con una escala mucho mayor, se produce sobre fines de los sesenta un cambio drástico en la organización interna de la planta a través de una sustitución de operarios por técnicos e ingenieros, dando origen a actividades técnicas con la creación de oficinas de métodos y tiempos, programación y control de la producción, control de calidad, etc. Estos cambios darán origen a un conjunto de tareas de optimización del proceso productivo.

Así, a comienzos de la década del setenta, la firma se había alejado considerablemente del promedio de la industria de máquinas-herramienta en general y de tornos en particular. El liderazgo de la firma en el mercado es muy claro ya que sus dos inmediatos rivales no producen máquinas especiales y poseen una estructura productiva y organizativa mucho más sencilla. En este sentido, la conducta de la firma ha sido la de moverse poco a poco hacia productos de mayor complejidad, poniendo en marcha en la segunda mitad de los setenta el diseño de un torno a control numérico que entró en producción en 1979.

En resumen, el origen de esta firma reconoce un patrón similar al observado en el surgimiento de los establecimientos pequeños y medianos del sector metalmecánico argentino y de otros PMD. Esto es, está asociado al desarrollo de habilidades artesanales de operarios calificados, en su mayoría inmigrantes, con experiencias en sus países de origen o en talleres ferroviarios nacionales o empresas metalmecánicas más antiguas (en este caso se trata de SIAM de Argentina).

En la Argentina, parecen haber pesado en gran medida la fuerte inmigración italiana —este caso es ilustrativo al respecto— así como la importancia del parque ferroviario, de maquinaria en general y automotriz de las primeras décadas del siglo. La política de sustitución de importaciones provoca un gran auge de la producción local de máquinas-herramienta la que se ve estimulada a medida que dicho proceso de sustitución se profundiza en el sector metalmecánico con el desarrollo de sectores de gran demanda por máquinas-herramienta como el sector automotriz. Este fuerte crecimiento del sector metalmecánico a fines del cincuenta y comienzos del sesenta, junto a los cambios en la estructura de la propiedad de la firma provocan la transición de taller artesanal a establecimiento de mediana envergadura capaz de acometer la producción de máquinas más complejas. Este paso se produce por medio de un proceso de concentración de la oferta local

en manos de un grupo de firmas más avanzadas donde la empresa aquí estudiada ejerce un notorio liderazgo.

2. Tecnología empleada

2.1. El diseño de productos

Como se dijo en los párrafos anteriores, la firma se especializó desde sus orígenes en la producción de tornos. Sin embargo, con el correr de los años la actividad en materia de modelos fue adquiriendo una mayor complejidad. Así, con el objeto de resumir los distintos modelos elaborados a lo largo del tiempo por la firma, presentamos el cuadro 3.1.

Podemos aquí realizar algunas observaciones preliminares sobre los datos del cuadro 1, para volver posteriormente al tema con más detalle.

En primer lugar, aparece una etapa en la que lo central es la copia directa de modelos europeos. No obstante tratarse de copias, existe a lo largo de esta etapa una clara evolución representada por el paso desde una copia totalmente artesanal sobre la observación directa o de planos de partes hacia una actividad de copia en la que participa el dibujante local sobre la base de un producto que gana en complejidad.

En segundo lugar, la década del sesenta refleja una intensa actividad en el lanzamiento de nuevos modelos. Dicha década puede ser vista como la etapa en la cual las habilidades internas de diseño adquieren una magnitud de cierta consideración y aparecen los primeros diseños locales. Obsérvese que la mayor actividad en diseño se produce en gran parte con la aparición de productos de mayor complejidad como son las máquinas especiales.

Por su parte, la década del setenta muestra en sus comienzos una intensa actividad en el rediseño de tornos paralelos, con la aparición de una extensa gama de modelos. Así, la firma, que desde sus orígenes producía tornos paralelos de tamaño medio extenderá sus diseños con el fin de incluir modelos livianos y pesados.

Finalmente, sobre fines de esta última década, resurgen los esfuerzos de diseño sobre la máquinas especiales, que culminan en 1979 con la elaboración local de un torno a control numérico.

2.2. La ingeniería de producción

El objeto de esta sección es familiarizar al lector con las características de la tecnología de producción utilizada por la firma. Así, serán descriptos los subproductos de fabricación, el grado de integración vertical de la firma, el ciclo de producción, las características de su equipamiento, personal, etc. Para ello apelaremos en nuestra descripción a los rasgos que caracterizan en la actualidad al proceso productivo de la firma. Por lo tanto, conviene realizar dos aclaraciones preliminares. En primer lugar, debe interpretarse la información provista a modo de descripción, que permite conocer cómo es en la actualidad el proceso industrial pero teniendo presente que dicha configuración representa un punto en el sendero evolutivo (de varias décadas) de una tecnología sujeta a constantes modificaciones. En segundo lugar, al referirnos a la tecnología de producción de la firma estudiada, surgirán explícitamente los rasgos idiosincrásicos de la misma.

Tal como es sabido dentro de la profesión ingenieril, no existen dos plantas idénticas —aun para un mismo producto— y por consiguiente aun rasgos importantes del proceso de producción como, por ejemplo, el grado de integración vertical pueden diferir entre firmas de la misma industria.

Veamos una primera descripción global del proceso industrial empleado por esta empresa. El ciclo total de producción consume siete meses de los cuales los tres primeros se ocupan en una fase previa de abastecimiento y preparación. El proceso industrial propiamente dicho está constituido por dos grandes procesos que son el mecanizado y el montaje, los que, en conjunto, tienen una duración de cuatro meses. Veamos por partes, dicho proceso productivo.

La etapa de gestión de abastecimiento concluye con la formación de un stock de materias primas constituido casi en su totalidad por fundición de hierro y aceros. Esta constituye la principal materia prima que utiliza el proceso. Tanto el precio como la calidad de la fundición son de vital importancia para la producción eficiente de máquinas-herramienta. No en este caso, pero sí en otras empresas del sector, dicha importancia ha inducido a no pocas empresas a autoabastecerse de partes y subconjuntos de fundición. En esos casos, la incorporación del proceso de fundición no sólo alarga la duración del proceso de producción sino que modifica sustancialmente la dotación de mano de obra y capital que la firma requiere. En el presente caso, aún desde sus orígenes, la empresa siempre adquirió externamente el material de fundición.

Una vez adquirida la materia prima de fundición, comienza el proceso de mecanizado que tiene por objeto elaborar las piezas que forman parte del producto final. Este proceso de mecanización representa la etapa de mayor importancia en el proceso global: en él se concentran dos tercios del plantel de operarios dedicados a tareas de transformación directa y casi la totalidad de la maquinaria que emplea la firma. En realidad, en esta etapa es donde aparecen claros los rasgos multiproducto y multiproceso de la industria de transformación de metales. Si volvemos al cuadro 3.1. y observamos la cantidad de productos que elabora la firma y pensamos que cada producto es la resultante de un número elevado de piezas, surge el mencionado carácter multiproducto. Por otra parte, cada una de las piezas que componen el producto final deben ser transformadas acudiendo a procesos diferentes (corte, torneado, agujereado, fresado, etc.), lo que da origen no a un proceso único, sino a la combinación de diferentes subprocesos.

Así, el proceso de mecanizado consta de dos subprocesos importantes: a) mecanizado pesado, en donde se mecanizan las grandes piezas de la máquina, (como por ejemplo la bancada del torno) y, b) mecanizado liviano, en donde se realizan trabajos de mecanización sobre el resto de las piezas. Ambos subprocesos están constituidos por un conjunto de operaciones más específicas como las mencionadas más arriba. El cuadro 3.2. nos proveé de una descripción del proceso global de mecanización.

En el cuadro 3.2.A puede observarse que el subproceso de mecanizado liviano es la suma de distintas tareas específicas, siendo cada casillero de la figura una operación (en realidad en un conjunto de operaciones) que se van realizando según el orden indicado por las flechas. Además, cada casillero constituye la ubicación física de un conjunto de máquinas especializadas en cada tarea, esto es, torneado está compuesto en su mayoría por un conjunto de tornos, fresado por fresadoras y así sucesivamente. De este modo, el proceso de mecanizado se halla organizado en "talleres" —rasgo central en la tecnología de la firma— resultado del agrupamiento de los equipos de acuerdo con el proceso u

CUADRO 3.1

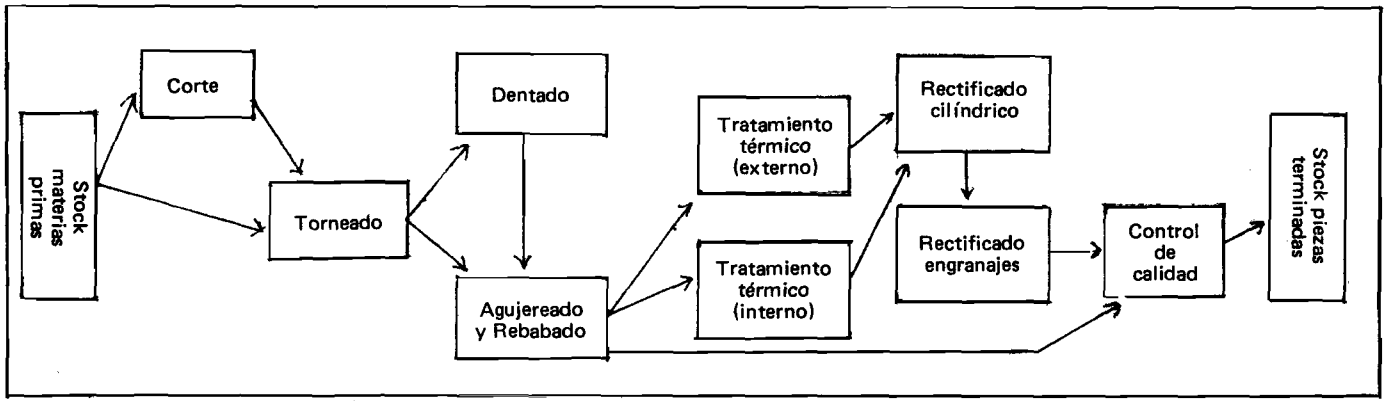
Productos elaborados por una firma argentina de máquinas-herramienta. 1945-1979

Año	Tornos paralelos		Máquinas especiales	
	Modelo	Observaciones	Modelo	Observaciones
1945	Torno conopolea	Copia torno Wolman checoslovaco		
1953	Torno paralelo	Copia torno (Mass) checoslovaco		
1958	T-225	Copia torno (Ursus) italiano		
1960			TRL-250 RB-32/1.000	Torno revólver (copia) Agujereadora radial (licencia)
1963	TL-250	Adaptación (mayor tamaño) del modelo T-225	TC-500 TR-250	Torno copiador (copia) Torno revólver, nueva versión del modelo TRL-250
1964	T-190	Primer diseño totalmente local		
1965			RB 32/1.000	Radial (se abandona en 1969)
1966	TL-250	Reemplaza al anterior pero es una adaptación (mayor tamaño) del T-190	TC-500A	Torno copiador, nueva versión del modelo TC-500
	T-220	Nuevo modelo		
1967			RB 32/800	Radial (se abandona en 1968)
1968	T-160 T-180	Nuevos modelos pequeños	FA-1	Fresadora
1969			TRU 250/52	Torno revólver, nueva versión del modelo TR-250
			Heycomat	Torno copiador, bajo licencia sin éxito, no llegó a producirse
1971	T-280 T-400SB	Nuevo modelo pesado		
1972	T-250	Nueva versión del TL-250		
1973	T-300, T-300SB T-350	Modelos pesados		
1974	T-190 T-220	Nueva versión Nueva versión	FA-2	Fresadora
1976			T-220 Ciclomatic	Torno semiautomático
1978	T-160	Nueva versión		
1979			TCA 300 TCN 300	Torno copiador Torno control numérico

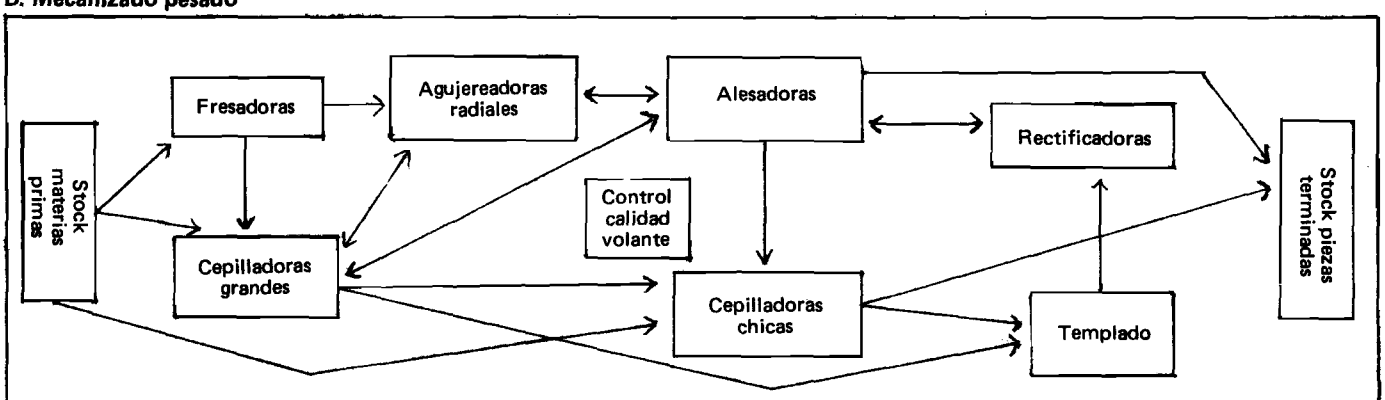
CUADRO 3.2

Proceso mecanizado de una firma argentina de máquinas-herramienta

A. Mecanizado liviano



B. Mecanizado pesado



Fuente: Datos proporcionados por la firma.

operación a realizar. Así, siguiendo una denominación usual en los manuales de ingeniería, llamaremos a este modo de producción "tecnología de taller o discontinua". Al mismo tiempo, denominaremos al lugar de la planta donde se realiza el proceso de mecanizado "sección de mecanizado", la cual estará compuesta de "subsecciones de mecanizado liviano y pesado" y por último de "subsecciones", siendo estas últimas los distintos grupos de talleres (shops), como tornería, corte, fresado, etc. Esta clasificación servirá más adelante cuando hagamos referencia a las distintas etapas del proceso.

El cuadro 3.2.B representa el subproceso (y subsección) de mecanizado pesado y debe ser leído de la misma forma como lo hiciéramos en el caso del cuadro anterior.

A propósito del cuadro 3.2. y llegados a este punto, parece conveniente responder a la pregunta sobre cuál es la importancia relativa de cada subproceso o subsección en el proceso total. El cuadro 3.3. permite responder parcialmente a través del peso relativo que cada subsección posee dentro del empleo (operarios) y equipamiento (maquinarias) total. Obviamente dichos pesos relativos difieren entre establecimientos y también entre "etapas" o momentos en la historia fabril de una determinada planta.

De dicho cuadro surge en primer lugar la gran importancia del proceso de mecanizado, el cual absorbe más de un 40 % del empleo (operarios) y a un 90 % del valor del stock de maquinarias. En segundo término pueden apreciarse las distintas intensidades de uso de trabajo o capital de las diferentes subsecciones. Aquí, mecanizado pesado (en especial alesadoras y cepillos) resulta ser muy capital intensiva; seguida luego por mecanizado liviano (en especial rectificado liviano). Por su parte la sección de montaje es claramente trabajo intensiva en términos relativos.

Ahora bien, dentro de la configuración descripta por el cuadro 3.2. —y antes de continuar la descripción del resto del proceso— conviene explicitar aquellas operaciones que son factibles de ser subcontratadas externamente. Estas se localizan principalmente en la subsección de mecanizado liviano y son: a) torneado, que es una operación en parte subcontratada (los valores del cuadro 3.3. se refieren a la parte hecha en la planta, la cual puede oscilar con el ciclo económico), b) tratamiento térmico externo, como su nombre lo indica se realiza enteramente afuera, c) rectificado de engranaje que se realiza en su totalidad en la planta, d) tareas pequeñas como grabado y cromado. De las mencionadas, la tarea de rectificado de engranajes parece ser un ejemplo clave en el grado de integración del proceso de mecanizado. Así, si la firma siguiera la modalidad de los países industrializados de proveerse externamente de los engranajes, no sólo debería ser elimada esta subsección, sino también eliminar completamente la subsección de dentado, el 50 % de tornería y porcentajes importantes de agujereado y rebabado y rectificado cilíndrico. Así, esta decisión representaría eliminar alrededor del 12-15 % del empleo (en horas operario) y un 20-25 % del stock de maquinarias. Como puede verse la subcontratación cambiaría dramáticamente la configuración de la planta fabril.

Continuando con el proceso global descripto en el cuadro 3.2., luego de finalizado el mecanizado debe iniciarse el proceso de armado de las piezas y partes que componen la maquinaria. Esta etapa es conocida como montaje. Previo al inicio de dicho proceso debe constituirse un stock de partes mecanizadas y de elementos comprados. Estos últimos son en algunos casos piezas de gran elaboración y que la firma requiere en cantidades pequeñas por lo cual son típicamente compradas en el mercado local o importadas si no se hallan en él. Entre dichas piezas se destacan:

- Rodamientos en general.
- Motores eléctricos.
- Equipos eléctricos de control y cables.
- Platos de amarre manuales y motorizados.
- Válvulas hidráulicas y neumáticas.
- Herrería y tornillería estándar.
- Retenes de aceite.
- Bombas de engrase.
- Cañerías y empalme.
- Etc., etc.

Esta lista puede constituir entre un 5 y un 10 % del costo total de fabricación del producto final.

CUADRO 3.3

Distribución de las horas-operario y del valor del stock de capital entre las secciones de una firma argentina de máquinas-herramienta

	Porcentaje de las horas-operario totales. 1974-75	Porcentaje del valor del stock de equipos y maquinaria. 1976
Mecanizado liviano	**20,09**	**37,01**
Corte	1,33	1,76
Torneado	7,51	8,36
Dentado	3,24	5,52
Agujereado y Rebabado	3,38	2,79
Trat. térmico interno	...	...
Rectificado liviano (cilíndrico y engranaje)	4,63	17,28
Control de calidad	...	1,3
Mecanizado pesado	**21,03**	**56,11**
Fresadoras y limadoras	7,4	3,45
Cepillos (chicos y grandes)	2,1	12,67
Agujereadoras radiales	4,4	2,37
Alesadoras	4,9	29,91
Rectificadoras	2,2	5,57
Templado	...	0,74
Control de calidad	...	1,4
Dispositivos, máscaras y herramientas (incluye máquinas auxiliares)	**3,11**	**4,3**
Montaje (excluida pintura y electricidad)	**20,94**	**2,82**
Transporte interno	**5,93**	**2,46**
Pintura y electricidad	**6,92**	...
Indirectos restantes (incluye mantenimiento, limpieza, control; de calidad, tiempo inactivo, etc.)	**17,46**	...

Fuente: Elaboración propia sobre datos provistos por la firma.

El proceso de montaje se destaca por su intensidad relativa en mano de obra; sin embargo, debe señalarse que en lo que se refiere al stock de capital en edificios e instalaciones, el proceso de montaje insume alrededor de un 60 % de la superficie cubierta del establecimiento.

2.3. La ingeniería de organización y métodos

La organización de la planta anterior al año 1960 fue de tipo familiar tal como se desprende de la caracterización hecha en las páginas iniciales. Hacia el año 1958 puede decirse que sólo se hallaban separadas las funciones de diseño y de supervisión general de planta (esta última a cargo de un jefe de planta). Sin embargo la participación del propietario en todas las áreas era notoria, tomando para sí la parte contable, compras de materiales, etc.

En la época que comienza en 1960, que es la que abarca el estudio, pueden citarse dos momentos relevantes en cuanto a cambios organizativos. El primero se ubica en el mismo año 1960 cuando el cambio de propiedad modifica la estructura familiar anterior. El segundo ocurre a fines de la década del 60 cuando en el área de producción aparece un conjunto de actividades técnicas que se organizan en departamentos u oficinas con diferentes especializaciones.

Con el propósito de mostrar más en detalle lo expresado en el párrafo anterior, en el cuadro 3.4. presentamos un organigrama de la firma para el año 1976. Junto a cada oficio o área respectiva se indica el año en que la misma pasa a trabajar en forma independiente.

Así puede verse que con el cambio de 1960 la dirección de la empresa queda en manos de un director gerente, quien es a su vez ingeniero jefe de diseño; y con casi igual nivel en las decisiones de la empresa aparecerán un Director Financiero o Jefe de Contabilidad y un Jefe de Planta. El titular de este último cargo sigue siendo la misma persona que actuara como Jefe de Planta durante el período de "organización familiar" anterior a 1960. Debe notarse además que el área de ventas (tarea manejada antes por el propietario quien negociaba la producción a distribuidores o en forma directa al comprador) no figura en la organización, dado que toda la producción es vendida a la firma distribuidora que forma parte del mismo grupo propietario.

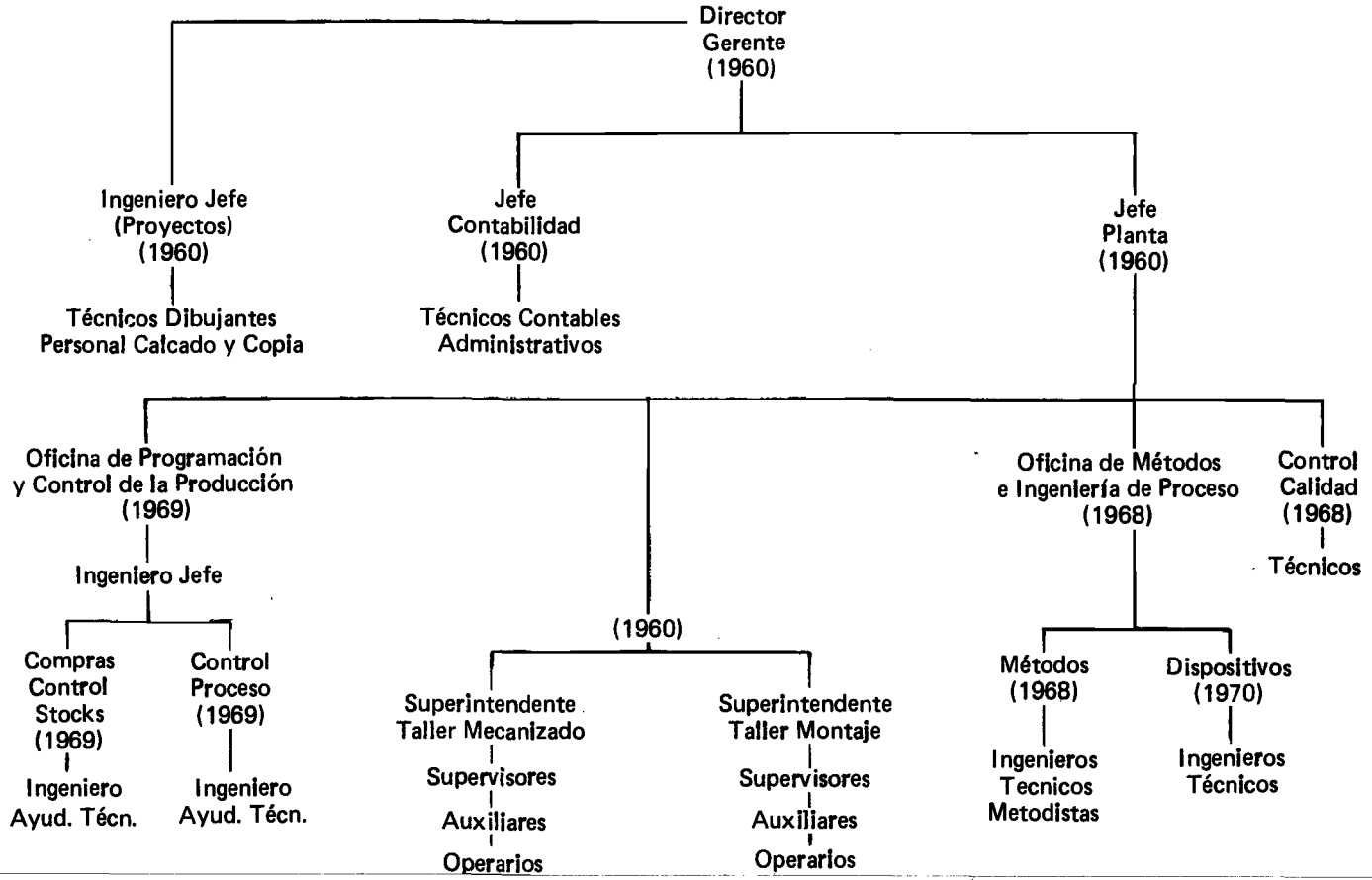
En cuanto al segundo de los cambios importantes mencionados, puede observarse como entre 1967 y 1969 son creadas las oficinas de Control de Calidad, Métodos, y de Programación y Control de la Producción respectivamente. Estos cambios son de una magnitud e importancia mayores que los de 1960 ya que no se trata solamente de un reacomodamiento de tareas sino de la creación de un conjunto de especialidades de ingeniería que ejercerán un fuerte impacto sobre el proceso de producción.

3. Etapas históricas y conductas tecnológicas: evidencia y análisis de los cambios en el stock de conocimientos tecnológicos empleados por la firma

El propósito de esta sección, es el de presentar las principales series estadísticas recogidas a lo largo del presente estudio. La misma consta de dos partes. En la primera

CUADRO 3.4

Organigrama de una fábrica argentina de máquinas-herramienta. Año 1976



será evaluada la performance global de la firma en el período 1960-1976. La segunda explora más en detalle, y recurriendo a elementos histórico-descriptos, las diversas fases o momentos en el crecimiento de la firma, con el objeto de visualizar los distintos cambios en el stock de conocimientos tecnológicos por ella empleado.

3.1. El desempeño global de la firma en el período 1960-1976

Esta sección intenta presentar una visión global de la performance de largo plazo de la firma a través de indicadores de producción, empleo y capital, así como efectuar una primera medición en el tiempo, a través de índices de productividad de los factores, del cambio tecnológico alcanzado por la misma.

Los diversos problemas de medición que se nos plantearon para la construcción de los indicadores son tratados en forma extensa en el informe final de la presente investigación. El lector podrá encontrar en dicho informe el material total de que se dispuso para el análisis de performance aquí expuesto. A lo largo de esta presentación recurriremos en varias oportunidades a los datos allí expuestos[49].

En el cuadro 3.5. y en los gráficos 3.1.A y 3.1.B se resumen los indicadores mencionados, medidos todos en índices referidos al año base 1960.

La información contenida en el cuadro 3.5. y los gráficos 3.1.A y 3.1.B nos permite hablar de la existencia de tres etapas en la performance de la firma. La primera etapa abarca los años 1960-65 y refleja un salto importante, tanto del volumen de producción como en el uso de factores productivos. Se puede ver que la etapa se inicia con fuertes inversiones que en solo un par de años llevan a casi triplicar el stock de capital inicial. Concomitantemente se registran fuertes aumentos en el volumen físico de producción y en la utilización de mano de obra. La segunda etapa abarca los años 1965-69 en los que se observa un claro "freno" del proceso expansivo de años anteriores. La producción oscila sin superar los valores del año 1965, el empleo es redimensionado y las inversiones anuales se reducen drásticamente. Por último la tercera etapa 1969-76 muestra un nuevo aumento de la producción, pero esta vez casi sin modificarse las horas totales trabajadas y con aumentos más suaves en el stock de capital de la firma.

Por otro lado, los índices de productividad del gráfico 3.1.B confirman esta separación de etapas. Ambos indicadores aumentan en la primera etapa, se mantienen constantes en la segunda y vuelven a repuntar en la tercera. Dichos aumentos se resumen en el cuadro 3.6.

Los datos arriba presentados nos dan una idea de la performance evolutiva global de la firma y nos permiten captar "momentos" o "etapas" distintas en la historia de la misma. Una vez hecha esta primera aproximación pasaremos a explorar "qué hay detrás" de los indicadores estadísticos observados. Nuestro argumento de aquí en más será que los aumentos en la productividad de cada etapa provienen de conductas tecnológicas de distinta naturaleza: en el primer período sobresalen importantes innovaciones en el

[49] Debido a razones de confidencialidad en la información, la totalidad de los datos se presenta en números índice (base 1960 = 100). Esperemos que esto no cause dificultad al lector en el entendimiento del fenómeno global aquí explicado. Asimismo, hacemos constar nuestro agradecimiento a los directivos de la firma por el apoyo brindado en lo referente a la información aquí examinada. Véase al respecto: A. Castaño, J. Katz y F. Navajas, op. cit. (1981).

área del producto junto a cambios en el proceso productivo que resultan de la incorporación de equipos de capital, mientras que en el último período dominan la escena un conjunto amplio de actividades técnicas destinadas a optimizar el proceso productivo y la organización de la producción. Esta hipótesis (así como las que veremos más adelante) referida a la conducta tecnológica de la firma, tiene, en nuestra interpretación, un

CUADRO 3.5

Indicadores de performance de una planta argentina de máquinas-herramienta

(1) Año	(2) Producción (a)	(3) Empleo (b)	(4) Capital (c)	(5) Productividad laboral (d)	(6) Productividad total de factores (e)
1960	100,0	100,0	100,0	100,0	1,000
1961	111,8	112,3	128,3	99,4	1,053
1962	85,2	100,0	97,8	85,7	0,998
1963	181,2	111,1	208,0	165,5	1,290
1964	221,8	163,0	254,6	135,9	1,163
1965	287,8	196,3	330,5	151,3	1,176
1966	286,7	207,4	329,1	143,7	1,142
1967	235,3	181,5	270,1	133,6	1,113
1968	280,6	176,5	322,1	170,8	1,231
1969	273,4	190,1	313,9	153,2	1,169
1970	342,1	196,3	334,9	191,4	1,402
1971	406,1	198,8	397,6	213,7	1,471
1972	388,5	202,5	380,3	209,0	1,460
1973	438,0	208,6	428,9	231,3	1,522
1974	421,7	211,7	412,8	229,9	1,519
1975	400,5	208,6	392,1	225,4	1,504
1976	438,2	206,2	429,0	244,9	1,549

(a) Indice de producción expresado en peso "ajustado". Véase Apendice cuadro A-4.
(b) Horas totales trabajadas por el personal. Véase Apendice cuadro A-7.
(c) Stock de capital efectivamente utilizado. Véase Apendice cuadro A-6.
(d) Cociente (2)/(3).
(e) Véase Apéndice cuadro A-10.
Fuente: Cuadros A-4, A-6, A-7 y A-10, en A. Castaño et. al., op. cit. (1981).

CUADRO 3.6

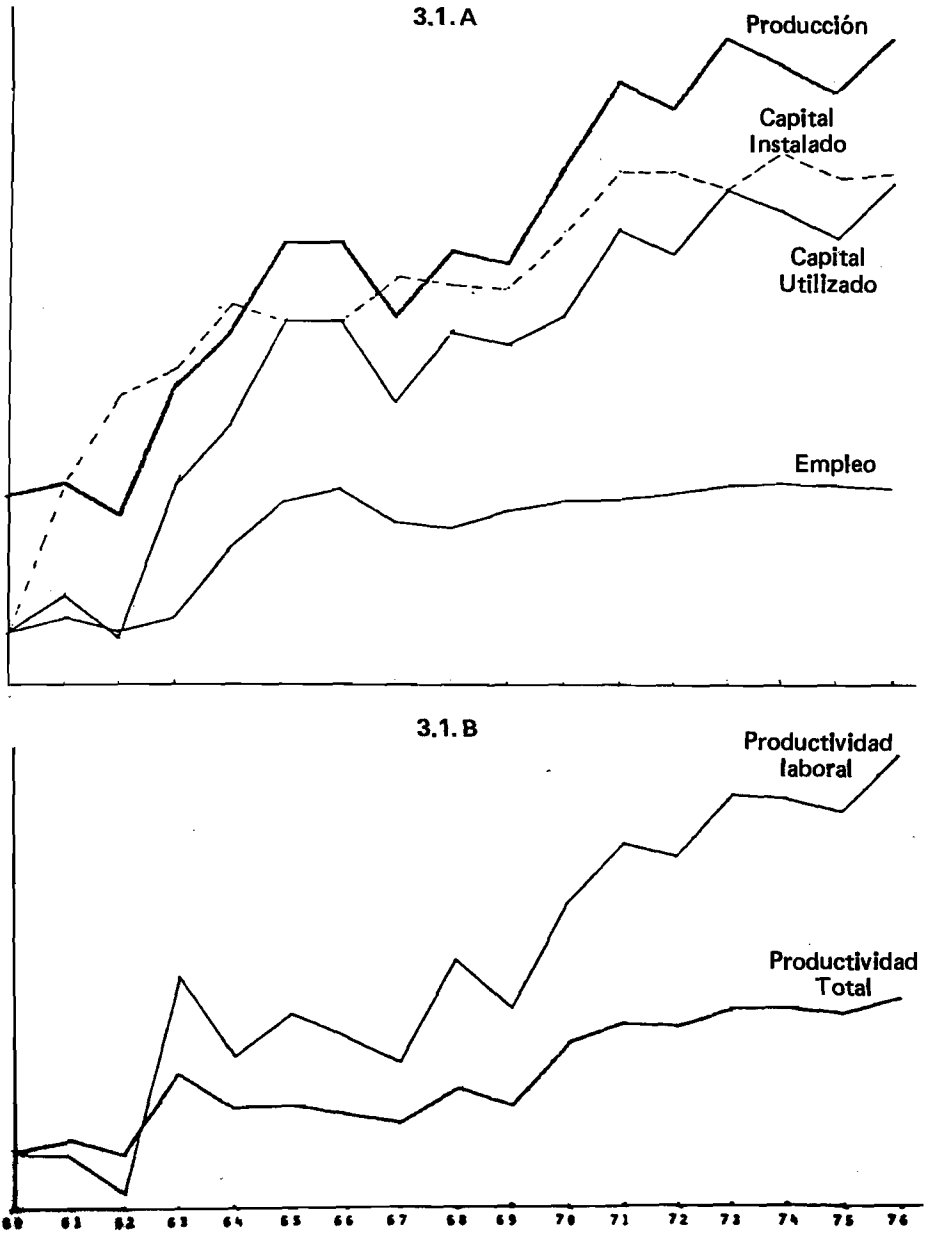
Aumentos en la productividad laboral y productividad total en una planta argentina de máquinas-herramienta

Período	Productividad laboral %	Tasa anual %	Productividad total %	Tasa anual %
1960-1965	51,3	8,6	17,6	3,3
1965-1969	1,2	0,3	– 1,6	– 0,4
1969-1976	59,9	6,9	32,5	4,1
1960-1976	144,9	5,8	54,9	2,8

Fuente: Datos del cuadro 1 del trabajo original.

GRAFICO 3.1.

Indicadores de performance de una planta argentina de máquinas herramienta



Fuente: Cuadro 1, del trabajo original. Véase A. Castaño et. al., op. cit. (1981).

carácter temporar y está relacionada con un conjunto de variables endógenas y exógenas a la misma cuyo valor va cambiando en el tiempo. Así, a los fines de seguir el hilo evolutivo del proceso de cambio tecnológico de la firma en todo el período, pasaremos a estudiar lo ocurrido en cada etapa para captar más adecuadamente los rasgos centrales del caso estudiado. Pondremos atención —partiendo de esta hipótesis de cambios tecnológicos secuenciales que se localizan en diferentes áreas del conocimiento técnico global empleado por la firma— en las modificaciones de tres áreas básicas, a saber: a) diseño de producto, b) proceso productivo o ingeniería de fabricación, y, c) organización de la producción. Cabe señalar que nuestro propósito no es el de encontrar una relación expresa cuantificable entre los cambios en cada una de dichas áreas y aquéllos observados en el índice de productividad total, (tal como suele hacerse en los trabajos de descomposición del "residuo tecnológico" de acuerdo con las fuentes explicatorias del mismo). Esto se debe a que, tal como se verá más adelante, la estrecha interdependencia existente entre los cambios en cada área impide un tratamiento convencional a menos que acudamos a fuertes supuestos (tales como, por ejemplo, medir los efectos de cambios en el proceso sobre la productividad, suponiendo como dato exógeno e invariable el diseño del producto, o la organización de la firma). Nuestro método de aproximación será, en cambio, relacionar los cambios encontrados en dichas áreas, los esfuerzos realizados por la firma y los insumos implícitos en ellos, con la eficiencia de largo plazo, el crecimiento y el éxito o fracaso en el mercado de la firma estudiada.

3.2. Performance económico y conductas tecnológicas: análisis de "etapas"

1960-1965: Transición de taller a planta, innovación en productos y cambios "incorporados" en las nuevas inversiones

El cambio en la propiedad de la firma en 1960 abre el camino de un conjunto amplio de cambios organizativos que significarán el paso de un taller artesanal a un establecimiento fabril moderno. Dicho cambio no se produce inmediatamente a la compra de la firma por el grupo extranjero sino más bien es logrado durante un período de ajustes que llevan varios años. Para comprender más adecuadamente el tipo de transición a que nos referimos conviene que el lector recuerde la descripción de la situación de la firma y el sector a fines de los años cincuenta, descripción que ya fuera realizada en la sección anterior.

A continuación examinaremos en mayor detalle los cambios ocurridos en el área del producto, el proceso y la organización de la firma.

A. Producto

Como puede observarse en el cuadro 1 de la sección anterior, esta etapa se caracteriza en lo que hace a tecnología de producto por dos tipos de cambios: 1) la introducción de las denominadas máquinas especiales, conformadas por un modelo de torno copiador, uno de torno revólver y una agujereadora radial; y 2) el desarrollo del primer torno paralelo de origen enteramente local. Ambos hechos constituyen una discontinui-

dad de importante magnitud respecto del pasado y son, a nuestro entender, el elemento primordial en el cambio tecnológico de la etapa. Tales cambios en el tipo de productos elaborados resultan acompañados por diversos cambios en el proceso productivo y en la organización de la firma.

La causa de tales cambios debe ser buscada, a nuestro entender, en la estrategia de largo plazo de la firma y en un conjunto de variables endógenas a la misma, entre las cuales ocupa un lugar importante la capacidad de ingeniería de diseño de su nuevo elenco técnico. Esto no significa desconocer que las causas últimas de tales cambios seguramente han sido las de maximizar el beneficios, la tasa de expansión, o la participación de la firma en el mercado. Se trata, más bien, de poder comprender con mayor detalle qué cambios específicos ocurren en el conocimiento tecnológico que la firma maneja. Veamos más de cerca los hechos.

La estrategia del consorcio extranjero que compra la firma a fines de los 50 era la de instalar en la Argentina una planta moderna de máquinas-herramienta de cierta complejidad y calidad. Así, un tiempo antes de comprar el establecimiento, había instalado una planta pequeña, bien equipada donde se prepararon los prototipos de dos máquinas especiales: un torno copiador y una agujereadora radial. La dirección de tal planta estaba a cargo de un ingeniero alemán con una extensa experiencia en el diseño de máquinas-herramienta, adquirida en la fábrica Heller de Alemania, y que había sido traído al país por el grupo extranjero. Este individuo constituye el gestor principal del desarrollo de la capacidad de diseño de la firma y de su incursión en el mercado de máquinas especiales. En la mencionada planta estaba desarrollando la copia de un torno copiador de la misma firma Heller, (modelo sobre el que había trabajado en Alemania) y además desarrollaba una agujereadora radial Heller, pero ésta bajo licencia de la casa europea. En este momento es cuando aparece la posibilidad de comprar una planta productora de tornos paralelos y el consorcio decide fusionar ambas sociedades en una, aprovechando la experiencia de varios años del antiguo taller. Así, se construye una nueva planta que pasa a ser dirigida por el ingeniero alemán, quien organiza la oficina de diseño junto a un ingeniero más joven que había copiado con éxito el modelo Ursus en 1958. Entre ambos completan, en la nueva planta, el prototipo de un torno copiador, de una agujereadora radial e inician el diseño de un torno revólver[50, 51].

Los años inmediatos a la constitución de la nueva sociedad son años de recesión en el mercado de máquinas-herramienta y en especial en aquéllas de tipo universal. La firma venía produciendo su producto tradicional, el torno T-225 (copia Ursus) y debe reaccionar ante una brusca caída de la demanda del mismo que comienza en 1962 y se

[50] Cada una de estas máquinas tiene aplicaciones diferentes aunque las tres se caracterizan por ser máquinas de producción en lotes mayores a diferencia del torno paralelo que se aplica a lotes pequeños o mantenimiento. El torno copiador realiza operaciones sobre piezas tipo eje y su principal usuario es el sector autopartista. Esta máquina representó una gran discontinuidad para la antigua firma, dado que su desarrollo fue casi totalmente exógeno a la misma y de una sola vez; esto es, fue desarrollado por el ingeniero alemán en poco tiempo en su planta y no fue el producto de mejoras continuas como es más habitual en una firma que desarrolla un producto. Por su parte, el torno revólver fue el resultado de un avance paulatino. El primer modelo TR 250 fue un torno paralelo con una torre revólver que tuvo problemas de funcionamiento. El torno revólver se caracteriza por poseer una "torre" dispuesta para el mecanizado de piezas en forma de "plato" y esta parte de la máquina es de vital importancia. Así, al poco tiempo debe ser vuelto a diseñar pero esta vez el elenco de ingeniería aprovecha todas las partes del torno paralelo y copia la torre revólver de un modelo VDF alemán.

[51] En la estructura del mercado de máquinas-herramienta en los años cincuenta y sesenta este tipo de máquinas eran mayormente importadas. Algunos datos para 1961 sirven para ilustrar esto:

profundiza en 1963. Ante tales circunstancias se inicia rápidamente la construcción de los primeros lotes de máquinas especiales y en 1963 aparecen los primeros modelos de tornos copiador y revólver los cuales junto con la agujereadora constituirán dos tercios de la producción en toneladas de la firma para dicho año. Este brusco cambio en el "out put mix" explica el salto en la serie de producción expresada en peso ajustado para dicho año, salto que es mucho mayor según la serie de Valor Agregado. El impacto de tal alteración en el "out put mix" tiene consecuencias sobre el índice de productividad total del cuadro 3.5. y el gráfico 3.1.B. Sin embargo, no debe interpretarse tal cambio en el "out put mix" (por cambios de diseño) como la única causa del aumento de los índices. Como se dijo antes, al tiempo que el producto cambia, el proceso y la organización de la firma también lo hacen, llevándose cada uno una parte de la "explicación" del cambio global de productividad que registra el período.

Volviendo al año 1963, éste es el comienzo del cambio de posición relativa de la firma en el mercado de tornos, iniciándose aquí su transición hacia el liderazgo. La introducción de nuevos productos de mayor valor medio, en condiciones de alta recesión para la industria (en especial los talleres pequeños productores de máquinas universales), altera en forma notoria el cociente entre el valor de la producción de la firma y el valor de la producción total de tornos: de 0,07 para 1960 a .14 en 1961, .22 en 1962 y .38 en 1963. Cuando la demanda vuelve a incrementar en 1964 y 1965 dichos valores caen a .27 y .24 respectivamente. Estos valores muestran que en esta etapa (1960-1965) la firma transita hacia el liderazgo de la industria de tornos y que las innovaciones en producto (junto a cambios en proceso y organización) juegan un papel determinante para que ello ocurra.

En 1964 y 1965 la demanda vuelve a cambiar, cayendo los pedidos por las máquinas especiales y subiendo notoriamente los de tornos paralelos. En estas condiciones, la oficina de diseño de la firma lanza al mercado en 1965 el torno paralelo T-190 que constituye un diseño enteramente local aunque reconoce como es obvio, la influencia de la experiencia de copia de años anteriores (en especial del Ursus). Al parecer, dos fueron los objetivos que la oficina de diseño persiguió al diseñar la nueva máquina. Por un lado, se buscaba lograr una simplificación de algunas partes del producto que hicieran menos costosa su fabricación. Como se sabe el producto estándar hasta ese momento era el torno T-225 (copia Ursus) que era una máquina de elevada complejidad, en especial en la parte de los mecanismos de transmisión (engranajes). Este rediseño permitiría que el

	Producción local		Importaciones	
	Unidades	Peso (tn)	Unidades	Peso (tn)
Tornos revólver	446	285	147	555
Tornos copiadores	5	10	58	201
Tornos paralelos	2.500	3.500	87	447

Fuente: CEPAL op. cit.

Puede notarse que la demanda por máquinas de producción era mucho más baja que la demanda por máquinas universales en la cual se había sustituido importaciones exitosamente. Los aranceles nominales estaban establecidos por el decreto ley 17.451/59 en un 150 % para todas las máquinas producidas en el país. Cabe destacar además que mientras existían en el sector otros productores de tornos revólver, la firma fue la primera en producir tornos copiadores y mantiene esta supremacía hasta la actualidad.

producto estuviera más acorde con las posibilidades de producción de la planta, esto es, maquinarias, equipos auxiliares, grado de integración, etc.[52]. Por otro lado los parámetros de potencia y estructura (peso) de la máquina son aumentados siguiendo la tendencia a fortalecer estas partes de acuerdo con mejoras en herramientas de corte (más tarde se discutirá este punto).

La mejora de calidad del T-190 respecto del T-225 es más notoria aún, dados los cambios en las maquinarias empleadas para producir el nuevo producto y la introducción de técnicas de tratamiento térmico (como el templado de la bancada) y control de calidad.

En el año 1965 la producción se concentró prácticamente en el modelo T-190 (un 75 % de la producción en peso) llegándose a casi triplicar la escala de la firma respecto de 1960. El producto tuvo una gran aceptación en el mercado desde su presentación en ferias y exposiciones en 1964 (como prototipo). Sin embargo, otra vez las fluctuaciones en la demanda jugarían en contra de la especialización de la firma, ya que en 1966 se inicia otra recesión en el sector: el stock de T-190 terminados aumenta y la firma debe buscar nuevamente modificar su "mix" de producción volviendo a la segunda línea.

En resumen, como hemos visto, la actividad en el área de diseño del producto ocupa un lugar muy importante en estos años.

B. Proceso

La decisión de modificar los productos elaborados por un lado y de aumentar la escala de operaciones por el otro trae como consecuencia cambios importantes en el área del proceso productivo.

En primer lugar, sobresalen las fuertes inversiones llevadas a cabo en la construcción de la nueva planta y en el equipamiento de la misma[53]. Es interesante notar la

[52] La tarea de copia tiene obviamente una gran parte de adaptación a las condiciones del taller en que será realizada la máquina; sin embargo, esto se realiza sobre la marcha y es poco estudiado. Con el desarrollo de la capacidad de diseño, el diseñador puede introducir un número considerable de simplificaciones sin modificar en gran medida los parámetros básicos de la máquina. En nuestro caso si bien no fue posible realizar un estudio detallado de tales cambios se nos mencionó el caso de los engranajes y mecanismos de transmisión los cuales pudieron ser simplificados. En cuanto a los parámetros básicos el cambio fue el siguiente:

	T-225	T-190V
Cantidad de velocidades del husillo	12	12
— Máxima (vueltas/minuto)	1.500	2.000
— Mínima (vueltas/minutos)	35	45
Potencia máxima (HP)	4	9
RPM		
— (Máxima)	1.400	1.400
Peso (kg)	1.300	1.400

Lo cual muestra además la tendencia natural a reforzar la máquina, a los fines de aumentar su productividad.

[53] Véase cuadro A-6, Castaño et al., op. cit. Las primeras inversiones se destinan a construcción (1961-1962). En 1960 las máquinarias y equipos auxiliares representaban el 66 % del valor del stock de capital mientras que el rubro edificios e instalaciones el 33 % restante. Para 1962 estos porcentajes cambian a un 36 % y 64 % respectivamente y en 1964 (luego de la importante inversión en equipos

forma en que se prepara la planta para producir los nuevos bienes (segunda línea) y aumentar luego la escala de operaciones, y el tipo de cambios que se observan en el proceso por la introducción de nuevos equipos. Por un lado, el grueso de la inversión en maquinaria y equipos es destinada a la sección de mecanizado aumentando la capacidad de la sección[54]. Así cada una de las subsecciones de mecanizado será equipada con maquinaria moderna siguiendo un doble propósito: por un lado aumentar la capacidad de producción de tales sub-subsecciones y por otro mejorar la calidad del "producto" elaborado en cada subsección del proceso de mecanización. Veamos algunos hechos que pudieron ser recogidos en entrevistas con personal de planta.

a) Una sub-subsección clave en cuanto a aumento de producción y calidad es Rectificado Liviano. La aparición de dicha sección se produce cuando se pasa del diseño del torno Maag al Ursus que reclama un mecanismo de transmisión más complejo a través de engranajes. Este cambio fue enfrentado por el antiguo propietario, quien en 1958 mandó a su jefe de planta a Italia para interiorizarse de la tarea e importó una rectificadora Maag de segunda mano, modelo de comienzos de los cincuenta. Pero el tema del rectificado de engranajes y otras partes se volvió aún más importante a partir de 1960 con la introducción de las máquinas especiales y las necesidades de aumentar la escala de producción. Además, a nivel de productividad en la tarea la Maag era ya en 1960 una máquina rezagada respecto de los nuevos adelantos en el terreno internacional y, por otra parte, era una máquina usada. Su capacidad —trabajando 16 horas por día— permitía a la planta hacer un máximo de 10-12 máquinas mensuales. La firma incorpora en su lugar a una rectificadora "Reishawer" (modelo 62) que trabajando el mismo tiempo permitirá hacer hasta 40 máquinas mensuales. Además las posibilidades en términos de calidad del producto —dado que el rectificado de dientes de engranajes es una parte vital del producto— son aumentadas en forma importante.

Dentro de la misma sub-subsección otro cuello de botella que debió superarse se localiza en la operación de brochado. Antes esta operación era realizada en una Mortajadora (modelo 1957) que no permitía superar los 15 tornos por mes y el producto adolecía de defectos en la calidad. En 1952 es reemplazada por una Brochadora "Hoffman" que es una máquina muy costosa en términos de las herramientas que debe incorporar, al igual que ocurre con la rectificadora antes mencionada[55]. Estas fuertes inversiones debieron ser justificadas por la dirección de la firma ante el consorcio propietario que las financió, siendo el punto más difícil de justificar la baja utilización de los equipos (en el caso de la Brochadora un 30 % de su capacidad). El problema era que los directivos consideraban esencial la máquina desde el punto de vista de calidad y capacidad, aunque su baja utilización tuviera aparejado el efecto contraproducente de encarecer el producto. Esto pone de relieve la importancia de esta sección de Rectificado en

---

de ese año) son 42 % y 58 % respectivamente. Por otra parte nótese que un 80 % del equipo es de origen importado.

[54] De las inversiones realizadas en maquinarias y equipos entre 1960 y 1964 aproximadamente un 80 % se destina al equipamiento de la sección de mecanizado y el 20 % restante a equipos auxiliares para la sección de montaje y en equipos de transporte interno. A su vez el grueso del equipamiento en mecanizado será realizado en la subsección de mecanizado pesado.

[55] Para tener una idea de la inversión nótese que, según los libros de la firma, el valor de origen de la mortajadora (1957) fue $ 690 mientras que el de la Brochadora (1962) fue $ 45.943. La diferencia está abultada por la depreciación de la moneda, pero aún teniendo en cuenta la misma la sustitución de los equipos muestra un aumento en la intensidad del capital.

la política de integración vertical de la firma. Tal como se nos manifestó en las entrevistas, la firma al enfrentar el problema no tuvo otra alternativa que integrar la actividad: la tarea es insustituible y primordial para un producto de determinada calidad. Por otra parte, no existían empresas dedicadas a la tarea y era imposible organizarlas dado que la cantidad demandada por la firma es muy pequeña para una empresa de este tipo. Esta decisión hizo que la firma adoptara un grado de integración mucho más elevado del que existe en empresas de igual tamaño en USA o Europa: nótese que el impacto de subcontratar los engranajes y partes rectificadas —práctica común en los países industrializados para firmas de tamaño medio— sobre (i) el stock de capital (un 25 %): (ii) el empleo (un 15 %); y (iii) sobre el esfuerzo de organizar internamente la actividad, es de una magnitud muy grande dado que junto con casi toda la sub-subsección de Rectificado Liviano, deben desaparecer también toda la sección de Dentado y un 50 % de Tornería[56]. Más adelante volveremos sobre este punto de vital importancia para la eficiencia de la firma y el sector.

b) Otra subsección de cambios importantes fue Mecanizado Pesado. Allí se mecaniza la bancada del torno que es una pieza muy importante (20 % del peso total de la máquina).

En los años cincuenta las operaciones sobre la bancada se realizaban sobre un cepillo de origen nacional, y en 1958 el antiguo propietario introduce una rectificadora plana separándose de este modo las operaciones de cepillado y rectificado. A partir de 1960 es incorporado un cepillo "Pensotti" (1960) que dirigirá la tarea de cepillado. En rectificado, por su parte, se realiza una costosa inversión en una rectificadora "Waldrich" (1963). Según se nos manifestó, este cambio obedeció a que (i) la anterior rectificadora no brindaba la calidad que ahora se necesitaba; (ii) la máquina nueva era considerada una verdadera revolución en la tarea, no tanto por su capacidad o tiempos productivos sino mucho más, por la posibilidad de incorporarle dispositivos adicionales de modo de permitir la intercambiabilidad entre piezas. Esto abre la posibilidad de estandarizar la bancada (diseño) y eliminar tiempos de preparación en el mecanismo así como ahorrar tiempos en la sección de montaje de conjuntos[57].

c) Otro cambio en las etapas del proceso que resulta interesante señalar es la introducción del tratamiento térmico interno, cuya principal operación es el templado de la bancada. Esto obedece a un cambio en el producto y fue puesto en práctica por la firma

[56] Para ilustrar una comparación de la estructura del proceso de la firma con sus similares de Europa citaremos dos anécdotas relatadas por directivos de la firma. Una es que el antiguo propietario de la firma, una vez de regreso en Italia instala una planta de tornos donde produce el mismo torno que elaboraba en la Argentina en 1958 en la misma cantidad (10-12 al mes) con unos 15 operarios, mientras que en la Argentina lo hacía con 37. Había eliminado las tareas de rectificado liviano, dentado y tornería y —cuando fue visitado por uno de los actuales directivos— manifestaba su asombro por las diferencias en el grado de organización industrial del sector. El otro hecho relatado fue la visita del mismo directivo a la fábrica Ursus en Italia (originaria del producto copiado por la firma en 1958). Allí se producían 40 tornos Ursus por mes con un 30-40 % menos de personal. Adviértase que si bien parte de estas diferencias pueden deberse a distintos precios relativos de los factores trabajo y capital, el grueso de la diferencia lo explica la subcontratación y una muy diferente organización industrial a escala macrosocial.

[57] El paso de la "zocca" a la "waldrich" fue un hecho destacable para el Jefe de Planta quien nos comentó que de este modo la firma se situaba a nivel internacional. Consultado sobre tal discontinuidad entre 1958 y 1963 de una máquina a otra y si desde 1963 no había habido otro cambio similar nos manifestó que efectivamente el cambio fue importante y que en una reciente visita a plantas alemanas él había observado el uso de las mismas máquinas "waldrich".

de una manera peculiar. La iniciativa de introducir tal adelanto en el producto provino del ingeniero alemán (gerente de la firma) con la idea de introducir algo totalmente nuevo en el país y de este modo avanzar sobre la competencia.

El inconveniente radicaba en que si bien él conocía el procedimiento de templado en forma general, desconocía los detalles de la técnica y, aún más importante, hacían falta equipos para el tratamiento térmico. Por otro lado, el jefe de planta, en una visita prolongada a una planta italiana, había podido presenciar de cerca el procedimiento del templado. Así entre ambos decidieron reconstruir el procedimiento y diseñaron los equipos (básicamente sopletes) para que los construyera luego una firma local. El primer intento de llevar a cabo la tarea fracasó —según se nos relató— por fallas en los equipos y en la forma en que se quizo emplearlos. Inmediatamente a este fracaso, los directivos de la firma iniciaron en Europa la búsqueda de equipos para realizar la tarea —en el país se desconocía— y finalmente encontraron una firma alemana que les proveyó de sopletes especiales e información sobre su uso. Así, la técnica del templado fue introducida anticipadamente a otros productores significando ello una diferenciación importante del producto respecto de sus sustitutos locales. Pero quizás el hecho notorio de esta anécdota sea también el rezago en la difusión de información técnica entre constructores. Cinco años después de este hecho, el jefe de planta de la firma visitó la fábrica de uno de los principales seguidores en el mercado de tornos y observó que se estaban realizando esfuerzos para implementar la técnica del templado y para ello se estaba construyendo un equipo de soplete en la misma firma nacional con la cual ellos habían intentado años antes, siendo los nuevos resultados también desfavorables.

Pasando del equipamiento a la mano de obra se observan también aquí cambios importantes. El paso de taller a planta y el consiguiente aumento en la escala; junto al aumento en la complejidad del producto elaborado, crearon dificultades para la incorporación y entrenamiento de un plantel operario que se triplicó respecto del antiguo taller. En esta transición hemos encontrado dos hechos interesantes: en primer lugar, la actitud de la firma de contratar gente sin experiencia para formarlos internamente junto a su personal especializado; y en segundo lugar, la mayor especialización del personal al aumentar la escala de la firma.

Respecto del primer hecho, la firma tardó entre dos o tres años para completar la formación del nuevo personal. La actitud de la firma, fue la de contratar gente sin especialización y, en lo posible, evitar el ingreso de operarios muy especializados.

Las razones que se dieron para justificar tal hecho fueron (i) la situación de la época no era de una oferta abundante de gente especialista y los que lo eran, estaban ubicados en las distintas firmas del sector; (ii) esto encarecía demasiado el salario de los especializados —denominados "múltiples" dada su habilidad para realizar un conjunto amplio de tareas— quienes solían ser personas demasiado pretensiosas en remuneración al mismo tiempo que difíciles de introducir dentro de la disciplina de trabajo de la planta. Tal decisión creó inconvenientes en la planta, dado fundamentalmente, por la mayor complejidad del producto para el cual ni siquiera estaban adecuadamente entrenados los antiguos operarios. Esta dificultad fue completamente superada al cabo de los años con la habilidad adquirida por el plantel operario.

Respecto del segundo hecho, el aumento de la escala de operaciones a nivel de cada tarea y el nuevo equipamiento menos universal permitieron que la mano de obra se especialice en tareas específicas cambiando la costumbre de trasladarse de un punto

a otro del taller por la de situarse en puestos fijos. Por ejemplo, en la sección de montaje, dada la baja producción del taller —10-12 tornos al mes— el personal que armaba las 10 cajas de velocidad lo hacía en 8 días y luego debía pasar a armar el delantal de torno, los cabezales o el torno en su conjunto. Similar técnica era utilizada en el mecanizado de piezas. Cuando la escala pasó a ser de 30-40 tornos al mes se crearon puestos fijos lo cual trajo consecuencias positivas sobre la eficiencia: incrementará la habilidad (productividad) del obrero en su sección, permitirá una mejor introducción de dispositivos así como de estudiar las tareas a fin de optimizar el tiempo (esto no será realizado sino años después, tal como se verá). Además de lo mencionado, la especialización de personal disminuye los requerimientos de habilidad del operario y de este modo los operarios "múltiples" pueden ser reemplazados por operarios con menor preparación y que entiendan sólo de su tarea. Este hecho también fue mencionado para explicar el comportamiento de la firma comentado en el párrafo anterior.

A esta altura del análisis conviene destacar que los cambios introducidos en el proceso se realizan sin alterar la tecnología discontinua de producción que caracteriza al taller (organización por secciones o islas). El tipo de "lay-out" permanece igual en términos generales, siendo alterado sólo con la introducción de algunas nuevas secciones, aunque su configuración es la misma. Iguales conclusiones resultan de la duración del proceso productivo. Ambos hechos provocan, con el aumento de la escala, un aumento de la superficie ocupada por nueva maquinaria, personal y materiales en proceso.

Además, otro hecho notorio es la escasa (sino nula) atención puesta en esta etapa sobre el estudio de optimización del proceso. A nivel de subsecciones estaban ausentes todo tipo de métodos, tiempos asignados (y control de los mismos) al operario que no fueran los provistos por los capataces o supervisores sobre la base de su propia experiencia. Además era notora la escasez de dispositivos, máscaras y herramental en cada tarea de mecanizado y montaje así como la falta de listado de tareas a seguir, planos, etc. A nivel del proceso en su conjunto, las tareas de programación eran realizadas por el jefe de planta en una forma muy sencilla. Esto se complicó cuando —al aumentar la escala de la firma— la planificación de compras, y el seguimiento del producto superaron las posibilidades de lo que el jefe de planta podía realizar. Puede observarse la carencia absoluta de técnicos de métodos y programación los que serán incorporados a partir de 1968.

En cuanto al material de fundición utilizado, se continúa con la práctica de comprar afuera, con la diferencia que el aumento de la escala permite realizar acuerdos comerciales con fundidores y de este modo incursionar en la práctica común en el sector de poseer una fundición "cautiva" (que elabora la fundición casi exclusivamente para la firma).

En resumen, los cambios en el proceso productivo son el resultado de un cambio en el tipo de productos elaborados así como también de un aumento en la escala de operaciones. Entre estos cambios se destacan las nuevas incorporaciones de capital que, sin duda, han tenido un fuerte impacto en la productividad a nivel de tarea (tiempos productivos) aunque en muchos casos obedecen a la búsqueda de una mejor calidad a través de maquinaria más especializada aunque todavía de carácter universal. La mayor especialización del plantel operario —producto del aumento de la escala— es otro de los cambios que pueden explicar el incremento de la eficiencia del período. Pero junto a estos cambios —de naturaleza incorporada en nuevo capital, el primero, y, subproducto

del tamaño o escala operativa, el segundo–, se notan ausencias a nivel de técnicas de optimización del proceso, las cuales se basan todavía en métodos primitivos heredados del taller artesanal.

C. Organización de la firma

Muchos de los rasgos organizativos de la etapa han sido mencionados en los párrafos anteriores. No obstante, a modo de resumen señalaremos aquí que la estructura organizativa del taller quedará virtualmente rota ante el cambio en la estructura de la propiedad de la firma. La nueva dirección impone una organización diferente, basada en una dirección tripartita (jefe de diseño, gerente financiero, jefe de planta) con un gerente general que es el mismo ingeniero jefe de diseño.

Ante el aumento de la escala y de la complejidad del producto la antigua organización de tipo familiar del taller es reemplazada; no obstante este cambio pasa por un proceso de ajuste que abarca casi toda la etapa y en donde la falta de orden pareció ser una constante. En conversaciones mantenidas con los directivos de la firma, estos manifestaron la forma desordenada y relativamente lenta (en el sentido que requirió varios años) en que se produce la transición de taller a planta. En especial se hizo referencia al elevado grado de improvisación con que eran hechas o encaradas las tareas en todas las áreas de la firma y a los diversos problemas que la firma tuvo a raíz de la falta de mano de obra especializada y a la dificultad de los antiguos operarios de adaptarse a la nueva disciplina de planta.

Por último, otro cambio importante con respecto al antiguo taller se refiere a la nueva forma de comercialización resultado de la estructura de propiedad. Las ventas quedaron en manos de la importante firma comercializadora propiedad del grupo, quien compra la producción a la firma para luego venderla a los usuarios. El grupo comercializador es, además, la parte encargada de recabar los pedidos (con un horizonte de seis meses), así como de discutir la necesidad de mejorar determinados productos o de iniciar el estudio de otros.

Resumiendo lo ocurrido en esta etapa (1960-65) podríamos concluir que el aumento notado en la productividad total es el resultado de cambios tecnológicos que tienen que ver con decisiones tomadas por la nueva dirección, que significan el paso de taller artesanal a planta fabril moderna. Las causas principales del aumento de productividad en esta etapa son las innovaciones en el área del producto y los cambios de naturaleza "incorporada" en nuevas maquinarias y en el aprendizaje del plantel operario en el área del proceso productivo. La forma que la firma transita de ser un taller mediano a ejercer el liderazgo del mercado de tornos pone además en evidencia la importancia de la variable financiera en el desarrollo de este tipo de establecimientos, que, junto a cambios gerencial-administrativos –en especial dados por los skills de sus directivos técnicos– tuvieron un efecto muy grande sobre la performance de la firma.

1965-1969: Cambios en la composición del personal y modificaciones en el área del producto en el marco de un receso en el crecimiento sectorial.

Los cuadros 3.5. y 3.6. así como el gráfico 3.1., muestran un comportamiento

errático en el crecimiento de la producción, en la incorporación de factores productivos y en la productividad a lo largo de estos años. Hacia 1969 la empresa no había podido superar la producción alcanzada en 1965, y la productividad total tendió a decrecer levemente con respecto a dicho año.

Detrás del comportamiento de estos indicadores se encuentran condiciones sectoriales recesivas a las cuales la firma debió ajustarse.

Por ejemplo, sectores de gran participación en la demanda, como el automotriz, parecen haber jugado un papel importante en la recesión de la industria de máquinas-herramienta luego de finalizada la etapa de su radicación inicial y, además, por una caída en su producción para estos años. De este modo, estos años pueden ser vistos como la adaptación de la firma a condiciones sectoriales desfavorables.

Al mismo tiempo que se llevan a la práctica los ajustes mencionados, la dirección de la firma decide iniciar un drástico cambio en la estructura ocupacional —para ser más explícitos, en la relación de "operarios" a "no operarios" (técnicos)— que puede ser visto como indicación de una importante modificación en la organización de la firma en general y del proceso productivo en particular. No obstante, deberán pasar algunos años hasta que el efecto de tales cambios se traduzcan en incrementos de productividad total. Por otro lado, la actividad innovativa en el área del producto se mantiene permanentemente, formando parte de la estrategia general de largo plazo de la firma, convertida ya en líder del mercado de tornos. A continuación veremos lo ocurrido en las áreas mencionadas.

A. Producto

Las actividades de la oficina de diseño continuarán en esta etapa bajo la dirección del ingeniero argentino quien pasa a desempeñarse como gerente de la firma en reemplazo del ingeniero alemán quien regresa a su país de origen. La estrategia seguida en el desarrollo de nuevos productos puede ser visualizada —tal como en la etapa anterior— a través de modificaciones en el área del producto estándar o por vía de la dedicación de esfuerzos al diseño de máquinas especiales.

Las condiciones recesivas de esta etapa, explican gran parte de la actividad en el área de diseño. Tal como puede verse en el cuadro 3.1., aparecen nuevos modelos de tornos paralelos, como los modelos pequeños T-160 y T-180 y el modelo mediano T-250, que fueron la respuesta de la firma a la caída de la demanda. De este modo, la firma buscó abrir su "out put mix" con el objeto de introducirse en "nichos" del mercado donde antes no participaba. Los nuevos modelos son modificaciones de tamaño hechas al modelo T-190 mucho más que el desarrollo de una nueva "generación" de tornos paralelos. En efecto, luego del éxito obtenido en 1964/65 con el torno T.190, se efectuará ahora una readaptación de sus parámetros siguiendo la misma línea de diseño, para que sean desarrollados modelos distintos en cuanto a dimensiones. Ello se realiza a fin de introducirse en nuevos segmentos del mercado. El cuadro 3.7. nos muestra la similitud de un conjunto de parámetros (aquellos que no tienen que ver con las dimensiones de la máquina) en los nuevos tornos livianos (T-160, TL-180) y medianos T-220, TL-250) con respecto al del torno T-190[58].

[58] Esta decisión de abrir el "out put mix" es sólo el comienzo de una drástica apertura que se realizará a comienzos de la década del 70 y esperaremos a la próxima etapa para explicarla más en

CUADRO 3.7

Características técnicas de tornos paralelos desarrollados por una firma argentina de máquinas-herramienta. (1964-1968)

Características / Fecha de inicio	T-160 7/68	TL-180 7/68	T-190 3/64	T-220 8/66	TL-250 12/66
1. Distancia máxima entre puntas	750	750	900	1.100	1.100
2. Diámetro máximo a tornear sobre el carro	340	380	220	220	305
3. Cantidad de velocidades del husillo	9	9	12	12	12
4. Diámetro del husillo sobre rodamiento delantero	68	68	85	85	85
5. Número de avances longitudinales y transversales	75	75	75	75	75
6. Ancho de la bancada	270	270	300	350	350
7. Cantidad de pasos whitworth	28	28	28	28	28
8. Cantidad de pasos métricos	18	18	20	20	20
9. Potencia	5/6	5/6	6/9	7/10	7/10
10. Peso	1.200	1.250	1.300	1.600	1.700

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos obtenidos en la firma.

Por su parte, en el área de máquinas especiales, el cuadro 3.1. muestra una intensa actividad. Por un lado son mejorados los modelos del torno copiador TC-500 (1966) y del torno revólver TR-250 (1969); siendo estos cambios alteraciones relativamente pequeñas respecto de los modelos anteriores. Por otro lado se continúa mejorando la agujereadora radial, lanzando modelos de distinto tamaño hasta 1969, año en que la firma decide discontinuar la producción de tales máquinas. Al mismo tiempo, se decide desarrollar el prototipo de una fresadora de producción (FA-1), la cual surge a partir de una consulta hecha por una de las más importantes empresas terminales del sector automotriz para que esta máquina sea adaptada a su línea de producción. Esto pone de manifiesto la relación de la firma con sectores tecnológicamente más avanzados de las industrias mecánicas. Por último, hacia el final de la etapa se realizan gestiones a fin de adquirir una licencia con el objeto de producir un modelo moderno de torno copiador "Heycomat" de la firma alemana Heyligenstaet. La colaboración técnica externa adoptó la forma de planos de diseño y asesoramiento técnico para la fabricación. No obstante, dicho convenio no entró en vigencia debido a problemas de orden técnico que —según la oficina de diseño de la firma local— adolecía la máquina extranjera[59].

profundidad. Por el momento dejaremos claro la diferencia observada entre, por un lado la decisión de modificar los parámetros del producto pasando de una generación a otra (digamos del torno Mass al Ursus o al T-190) y por otro lado la decisión de abrir el "out put mix" trasladando los parámetros previamente desarrollados a nuevas versiones lanzadas al mercado.

[59] Luego de adquiridos los planos y el "know-how" básico, la oficina de diseño enfrentó dificultades que según ellos provenían de errores y falta de especificación en el diseño. Finalmente la

En resumen, la actividad de diseño de esta etapa obedece principalmente a la reacción de la firma ante la caída de la demanda y a la búsqueda de nuevos segmentos del mercado de tornos paralelos o al desarrollo de máquinas especiales a fines de diversificar su línea.

B. Proceso y organización

Tal como lo señaláramos en el análisis de la etapa anterior, el crecimiento de la escala de operaciones de la firma, implicó la incorporación de gran cantidad de mano de obra y maquinarias. En especial la incorporación de mano de obra se realizó en forma ininterrumpida a partir de 1962 hasta 1966. Al mismo tiempo, la organización de las actividades de la planta no acompañó este crecimiento. De este modo, la dirección de la firma se encontró, al tiempo que la escala crecía y que la producción era diversificada con crecientes problemas en el manejo de la planta. Estos problemas fueron, por un lado, las enormes dificultades de imponer una nueva organización del trabajo y, por otro lado, la de enfrentar algunos problemas relacionados con reclamos salariales que originaron amenazas de huelgas o retiro de colaboración (negándose a realizar horas extras). De estas condiciones, y fundamentalmente, vislumbrando la creciente complejidad que adquiriría el proceso productivo en el futuro, resultado de (i) mayor complejidad tecnológica del producto elaborado y (ii) creciente apertura del "out put mix" para enfrentar las fluctuaciones en el mercado y/o explorar nuevos segmentos del mismo, la firma inicia en este período una drástica modificación en la relación de mano de obra directa (operarios) a indirecta (no operarios) como puede verse en el cuadro 3.8.

Obsérvese que mientras se reduce el plantel operario y el número de empleados dedicados a tareas de supervisión de planta y administrativas, la tareas técnicas casi

CUADRO 3.8

Evolución y composición del personal de una planta argentina de máquinas-herramienta. 1965-1969

Años	(1) Total operarios		(2) Aux. Fáb., Sup. y Administ.		(3) Dis., Prog. y Met. Control de Calidad		(4) Total indirectos (2) + (3)		(5) Total personal (1) + (4)	
	Indice	% de (5)	Indice	% de (5)	Indice	% de (5)	Indice	% de (5)	Indice	% total
1965	100,0	68,8	100,0	26,3	100,0	4,9	100,0	31,2	100,0	100
1966	103,1	67,5	98,7	24,8	164,5	7,7	109,1	32,5	104,9	100
1967	84,3	63,9	89,9	26,1	184,8	10,0	104,7	36,1	90,7	100
1968	80,9	62,8	87,3	24,6	203,8	12,6	105,5	37,2	88,6	100
1969	87,5	62,6	84,5	23,4	274,6	14,0	114,2	37,4	95,5	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de planta.

máquina no se produjo. El ingeniero jefe de diseño manifestó que esa experiencia fue positiva para el conocimiento de algunas cuestiones de diseño de la firma había madurado bastante, ya que algunos de los errores detectados fueron comunicados a la empresa licenciadora.

CUADRO 3.9

Participación relativa de operarios y no-operarios en los costos totales y el valor agregado en una planta argentina de máquinas-herramienta. 1960-1976

Año	Participación porcentual sobre los costos de mano de obra (a) de			Participación porcentual del costo de la mano de obra (total) sobre	
	Operarios	Administ.	Técnicos	Costos totales	Valor agregado
1960	75,0	17,4	7,6	...	78,0
1965	82,7	13,0	4,2	28,6	69,0
1969	48,0	21,0	31,0	37,7	...
1976	48,0	20,0	32,0	34,5	46,0

(a) Incluye salarios, horas extra, incentivos y cargas sociales.
(b) Incluye insumos intermedios, mano de obra, amortizaciones y gastos indirectos.
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por la firma.

triplican su participación, destacándose la incorporación de técnicos en tiempo y movimientos, programación de la producción y, en menor medida, en control de calidad[60].

Como consecuencia de estos cambios, la incidencia sobre el valor agregado o los costos totales del plantel operario disminuyó apreciablemente tal como se ve en el cuadro 3.9.; no obstante el de la mano de obra total aumentó.

En base a lo anterior, puede argumentarse que la drástica modificación en la estructura del personal entre 1965 y 1969 es por un lado, la respuesta de la firma a "desequilibrios" provocados por el plan de expansión 1960-65, los cuales están principalmente relacionados con el manejo del plantel operario y la organización del proceso productivo; y por otro lado, constituye una conducta tendiente a modificar la organización, dada la mayor complejidad del producto. Ambos argumentos aparecen mezclados en la realidad pero conviene separarlos dados sus orígenes, apoyándose el primero en un efecto "escala" y el segundo en un efecto "número y complejidad de los modelos a producir".

En conclusión, resulta claro que en nuestro caso ambos conjuntos de factores mencionados hayan movido a la firma en tal dirección. Por un lado el efecto de los desequilibrios en la organización del proceso originados por la transición de taller a planta. Por otro lado, la mayor complejidad del "mix" a producir impone cambios en el proceso y su organización. De todos modos, independientemente de estas posibles explicaciones, aparece nuevamente la evidencia de que los ajustes que la firma decide realizar, sean estos sobre el proceso productivo o en otras áreas, requieren tiempo para completarse: los planteles técnicos formados en esta corta etapa comenzarán a trabajar más en profundidad sobre el proceso a partir de 1969 luego que son creadas las oficinas respectivas y las actividades de asistencia técnica sean puestas en funcionamiento (ver más adelante, el análisis de la próxima etapa).

En resumen, la firma realiza en esta etapa drásticas modificaciones en la estructura

[60] Para mayor información consúltense los cuadros A-9 y A-10 del estudio original. Allí se ve el fuerte crecimiento de la sección de programación y métodos que en esta etapa pasa de absorber el 1,8 % al 7,7 % del empleo total de la planta. El crecimiento de la sección de diseño es moderado debido a que se parte de niveles altos de la etapa anterior.

del personal con miras a modificar la organización del proceso y buscar su optimización. Como se vio, estos cambios tienen que ver con a) el crecimiento experimentado en la etapa anterior y los problemas que crea el manejo de la mano de obra y b) decisiones basadas en su estrategia de largo plazo que busca una mayor complejidad en el área del producto (nuevos bienes y apertura del "mix" de producción). Ambas explicaciones muestran la estrecha relación de dichos cambios con la evolución de la estructura organizativa de la firma. Al mismo tiempo se realizan modificaciones en el área del producto, mayormente como respuesta a dificultades por el lado de la demanda. Las desfavorables condiciones sectoriales en donde transcurren estos cambios derivan de una recesión en el crecimiento metalmecánico del país, luego del "boom" iniciado a fines de la década del 50 cuando se instalan en el país la industria automotriz y otras de gran peso en el sector. Esta recesión refleja el agotamiento de las condiciones de demanda excedente que, junto a expectativas dinámicas sobre el crecimiento de largo plazo, indujeron las inversiones y el crecimiento del sector.

1969-1976: Productividad, esfuerzos técnicos sobre el proceso productivo y nuevos avances técnicos en el área del producto.

A partir del año 1970, la performance de la firma vuelve a repuntar en forma notoria según nos muestran los cuadro 3.5. y 3.6. y el gráfico 3.1. La producción crece, durante esta etapa, a una tasa anual acumulativa del 7 %, mientras que la productividad del trabajo y total lo hacen a un 6,9 % y 4 % respectivamente. Este crecimiento de la producción de la firma es concomitante con un nuevo período de expansión de la industria de máquinas-herramienta, así como también del sector industrial en su conjunto. Por su parte, los valores del índice de productividad total muestran el repunte importante en la performance de la firma, repunte que, como se verá en esta sección, obedece en su mayor parte a cambios efectuados en el proceso productivo y en la organización de la producción.

Dichas modificaciones en el área del proceso y su organización pueden ser vistos como cambios tecnológicos de naturaleza "desincorporada" —para diferenciarlos de los cambios "incorporados" en las inversiones en equipos característicos de la primera etapa— debido a tareas de asistencia técnica al proceso cumplidas por las recientemente creadas oficinas de métodos y tiempos, programación y control de la producción y control de calidad. En cuanto a la actividad en el área del producto, no se pierde en ningún momento continuidad, dirigiéndose en esta etapa hacia cuatro tipos de acciones: (i) continuando los esfuerzos de ingeniería de producto de las etapas anteriores se pasa a una nueva generación de tornos paralelos representados por parámetros distintos; (ii) junto al desarrollo de dichos parámetros se produce una mayor apertura del "mix" producido en este tipo de máquinas, (iii) desde el comienzo de las tareas de "rediseño" de los tornos paralelos se inician estudios en la unificación y estandarización de conjuntos, subconjuntos y piezas de las máquinas diseñadas. Estos tres tipos de esfuerzos mencionados forman parte de una reconcepción de la "primera línea" de producción de la firma (tornos paralelos); no obstante su separación obedece a que constituyen conductas distintas en respuesta a estímulos también distintos. Por último, (iv) en el área de la segunda línea se produce, en esta etapa, un nuevo modelo de torno copiador y posteriormente se inicia el desarrollo de un torno a control numérico.

A. Producto

Hasta este momento, la firma contaba con tres modelos de tornos paralelos medianos, el T-190, el T-220 y el T-250; y dos modelos de tornos livianos o pequeños el T-160 y el TL-180. Los primeros forman parte del mercado tradicional de la firma (desde la época del antiguo taller) mientras que los segundos son la respuesta a condiciones recesivas, como se vio anteriormente. Entre 1970 y 1974 la actividad de la oficina de diseño se concentra en la tarea de "rediseñar" la primera línea buscando al mismo tiempo (i) continuar evolutivamente mejorando los parámetros de las máquinas (ii) abrir aún más el "mix" de producción y (iii) rediseñar buscando la intercambiabilidad de las piezas en el proceso. Veamos cada uno de estos esfuerzos tecnológicos en el área del diseño de producto.

(i) La aparición de nuevos modelos de los tornos medianos T-190, T-220 y T-250 marcan la aparición de una nueva "generación" de tornos paralelos. El cuadro 3.10. nos muestra un conjunto amplio de parámetros dimensionales y no dimensionales de las máquinas citadas y los cambios ocurridos respecto de la "generación" anterior.

En dicho cuadro puede observarse en primer término que los parámetros dimensionales de las máquinas no se modifican aunque sí lo hacen otros relacionados con las prestaciones. Por ejemplo, el número de avances, la velocidad y la estructura de la máquina son reforzados como parte de una tendencia natural que viene dictada por el tipo de materiales a trabajar y las herramientas utilizadas. Según el ingeniero jefe de diseño, las mejoras en los tornos paralelos dependen de las herramientas que dichos tornos habrán de utilizar y en este sentido ellos han adecuado estos parámetros a la difusión de placas de cerámica y cerámica revestida de metal utilizadas en la fabricación de herramientas. Cabe destacar que este tipo de tornos paralelos son utilizados en el país principalmente como máquinas de producción y por lo tanto los requerimientos exigidos en cuanto a potencia y estructura deben ser más elevados que en el caso de que las máquinas sean destinadas a mantenimiento. La cantidad de velocidades del husillo permiten al usuario seleccionar dentro de un ámbito mayor de velocidades aquélla más adecuada para realizar la tarea y de este modo reducir el tiempo de transformación. Los pasos Withworth y Métricos están asociados a operaciones de roscado, dada la universalidad del equipo, y su mejora busca hacer más atractiva la máquina para aquellos que deben realizar esta operación. En resumen, el cambio de una generación a otra sigue una tendencia natural de mejoras menores que en el largo plazo, aparentemente, tienden a agotarse. Es de notar que la firma buscó permanentemente elevar la calidad de este tipo de productos.

(ii) La nueva apertura del out put mix surge como un intento de penetrar en nuevos segmentos del mercado tratando de que la sección de ventas (la firma comercializadora) amplíe el rango de modelos ofrecidos. Si bien la conducta está en parte motivada por las fluctuaciones periódicas del mercado local (como una forma de disminuir los riesgos), también puede afirmarse que más que una conducta "defensiva" —como fue la del lanzamiento de los modelos T-160 y TL-180— esta es una conducta innovativa ofensiva, ya que se tendió a captar segmentos del mercado nunca explorados por la firma anteriormente y en donde ya existían constructores medianos. Sin embargo, las ventas en dichos segmentos no fueron nunca muy importantes, oscilando la producción de tornos pesados en conjunto entre un 3 % - 9 % de la producción total en peso. Esto se explica principalmente por el reducido tamaño de tales submercados, la existencia de otros competido-

CUADRO 3.10

Características técnicas de tornos paralelos desarrollados por una firma argentina de máquinas-herramienta. 1964-1974)

	T-190		T-220		T-250	
	Viejo	Nuevo	Viejo	Nuevo	Viejo	Nuevo
Fecha de inicio	1964	1974	1966	1974	1966	1972
Parámetros						
Distancia Máx. entre puntas	900	900	1.100	1.100	1.100	1.100
Diámetro a tornear s/carro	220	220	220	220	305	310
Diámetro husillo s/rod. delantero	85	85	85	85	85	85
Cantidad de velocidades del husillo	12	16	12	16	12	16
Número de avances longitudinales y transversales	75	112	75	112	75	126
Ancho de la bancada	300	300	350	350	350	404
Cantidad de pasos Withworth	28	35	28	35	28	42
Cantidad de pasos métricos	20	25	20	25	20	32
Diámetro de la pínula	55	55	65	65	65	80
Potencia (máx.) H.P.	9	9	10	10	10	10
Velocidad (RPM)	700/1.400	1.400/2.800	700/1.400	1.400/2.800	700/1.400	1.400/2.800
Peso	1.300	1.600	1.600	1.900	1.700	2.400

Nota: Todas las medidas de distancia se expresan en milímetros.
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por la firma.

res con mayor especialización en este tipo de productos y además por la importación de algunos de estos ítem. En cuanto a los elementos de un análisis costo-beneficio de tal conducta debe tenerse en cuenta, además de los usuales, la inestabilidad (riesgo) del submercado principal de la firma, la capacidad ociosa, no sólo en cuanto a equipamiento sino también en las tareas del equipo de diseño donde se centran los costos de desarrollo de prototipos, la posibilidad de aprovechar partes de otros modelos vía la realización de diseño popular (ver más adelante), etc. Es importante también tener en cuenta el papel jugado por la comercializadora en la decisión de qué ítem producir, en términos de su propia política de maximización de ventas o beneficios.

(iii) La actividad de diseño tal vez más importante de esta etapa, por sus consecuencias sobre la eficiencia de la firma, son los esfuerzos de diseño destinados a **estandarizar** (diseñando de acuerdo con patrones fijos, buscando de utilizar elementos existentes en el mercado —partes— ya normalizados) y a **unificar** (diseñar con miras a la intercambiabilidad de partes comunes de diferentes máquinas producidas). Mientras que la estandarización depende de las reglas y organización del mercado proveedor, los esfuerzos de unificación o diseño modular son exclusivamente internos a la firma y producen un fuerte impacto sobre el proceso productivo, dado que aumentan los tamaños de lote mecanizados, y ello permite efectuar una mayor inversión en dispositivos, realizar estudios de tareas y reorganizar las actividades de montaje las que se simplifican en gran medida.

La primer tarea dentro de la unificación es la de diseñar modularmente, reduciendo la variedad de elementos puestos en juego en el proceso. Por ejemplo, se comienza sobre los grandes conjuntos de la máquina (ej.: la bancada, el carro, el delantal, la caja de velo-

cidades) de manera de que **conjuntamente** la actividad de diseño y de proceso elaboren dispositivos que permitan producir una bancada estándar, un carro estándar, etc. (con anterioridad a la unificación existían elementos distintos para cada modelo). Así, posteriormente, se avanza hacia subconjuntos y partes y componentes que forman la máquina, hasta donde sea conveniente unificar dado, por un lado, la posibilidad técnica de hacerlo y, por otro, los costos de tal actividad.

De este modo, la oficina de diseño logra en este período unificar más del 70 % (en peso) de las partes de las máquinas de la primera línea, porcentaje que cae a un 40 % cuando se compara la primera con la segunda línea (dentro de ésta sólo tornos revólver y copiadores).

Como puede verse esta actividad se halla estrechamente relacionada con la apertura del "mix" de producción dado que reduce los efectos no deseados de la misma en términos de deseconomías de escala y reducción de los tamaños de lote.

(iv) Dentro de la estrategia de largo plazo de la firma, es concebida a comienzos de la década, la idea de incursionar en los nuevos adelantos que la electrónica impone al sector. Esta decisión de la firma se basa en su percepción de que en el área de máquinas universales se llegará en pocos años a una saturación en las mejoras del producto y a perder terreno frente a la competencia. Sin duda, esta idea no es nueva en la firma, sino que ya se encontraba desde la primera mitad de los años sesenta y aún más cuando es alterada la estructura organizativa hacia fines de la década. Tal como manifestara un directivo de la firma "para construir tornos paralelos estándar se necesitan escasos técnicos y ningún ingeniero... si nosotros incorporamos tantos era porque no pensamos producir máquinas estándar sino avanzar en diseño..."

El primer paso en materia de diseño de segunda línea es la incorporación de un joven ingeniero electrónico al plantel de diseño, quien antes de graduarse ya trabajaba como técnico en la empresa. El mismo tomará a su cargo la parte eléctrica de un modelo de torno automático T-220 ciclomatic, máquina que pertenece a la familia de tornos copiadores y en donde la parte electrónica reemplaza los mecanismos hidráulicos. Este prototipo cumple su fase experimental en 1975 y es comenzado a producir en 1976.

A su vez el ingeniero jefe de diseño inicia hacia fines de la etapa el estudio de la incorporación del control numérico a través de publicaciones científico-técnicas y además realiza periódicas visitas al extranjero a ferias, fábricas, etc. para ir analizando el resultado de las distintas experiencias en un campo como este de constantes modificaciones. El mismo técnico manifestó que si el lanzamiento del producto no se produjo antes se debió en parte a lo dificultoso de elegir la parte electrónica de la máquina en un escenario de mejoras continuas. Así, como parte de esta etapa de estudio se incorpora en 1977 un torno a control numérico "Le Blond" y se empieza a adiestrar en el exterior personal para programación así como al ingeniero electrónico quien participará en el diseño de la "interfase" entre la parte mecánica y electrónica. Los innumerables inconvenientes que se producen en la sección de torneado con la incorporación del torno mencionado —permanentes interrupciones por fallas técnicas, especialmente en los circuitos hidráulicos del mismo— sirvieron de experiencia al elenco de diseño el que aún cuando inicialmente se halla decidido a seguir la misma línea de diseño en lo que hace a la parte mecánica hidráulica de la máquina, termina por elegir otro camino de diseño.

En 1979 es lanzado el primer prototipo a control numérico modelo TCN-300.

En resumen, la actividad de diseño de esta etapa es sin duda muy importante, acometiéndose por un lado un profundo reestudio de la primera línea que incluirá nuevos parámetros, nuevos modelos que amplían el "mix" producido y el comienzo en profundidad del diseño modular. En especial el último esfuerzo tiene una gran importancia para la eficiencia de la firma por su impacto sobre el proceso y muestra una vez más la interdependencia entre las dos áreas del conocimiento de la firma. Por otro lado sobre el final de la etapa se inician los primeros esfuerzos que conducirán a la incursión de la firma en el área del control numérico significando un nuevo e importante avance sobre los competidores.

B. Proceso y organización

En el análisis de la etapa anterior, vimos la drástica modificación que se produce en la composición del personal y la aparición de las oficinas de asistencia técnica al proceso. Una vez incorporado el personal técnico y puestas en funcionamiento las nuevas oficinas, la planta comienza a experimentar cambios que tienen que ver con la optimización del proceso. Así, empiezan a separarse las funciones de cada una de las oficinas de ingeniería, produciéndose una clara especialización en las tareas técnicas[61].

Hacia fines de 1969 ya se hallaban en pleno funcionamiento las oficinas de métodos y de programación y control de calidad. La primera en constituirse es la oficina de métodos con el ingreso en 1968 de un ingeniero en métodos (con una prolongada experiencia previa) y en 1969 de 3 técnicos metodistas. En 1969 entra en vigencia un nuevo sistema para el control de tiempos del plantel operario. Dicho control se basa en los primeros estudios de tiempo y movimientos, el listado de tareas de cada operario en su sección, la carga de máquinas, etc., y se instrumenta a través de un sistema de incentivos al trabajo del operario. La información de los estudios es resumida luego en la oficina de programación donde se maneja un método de "fichado" de tareas por cada operario[62].

Así, esta primera entrada en actividad de las tareas de métodos y tiempos y programación en la estructuración del sistema de incentivos aludidos, deben haber reducido el tiempo directo de transformación de la planta[63].

[61] La oficina de diseño maneja todo lo referente al producto en cuestión, decidiendo *qué* producir, y su información consiste en planos, especificaciones técnicas, lista de piezas y todos los cambios o alteraciones sobre ellos que puedan provenir del lado de la demanda (sección ventas). La oficina de métodos resuelve el *cómo* producir, determinando el *quién* y *dónde* de cada transformación, trabaja permanentemente sobre el operario y la maquinaria y utiliza técnicas de tiempos y movimientos, cargas de máquinas, etc., las que son codificadas en las hojas de instrucciones. Por su parte, la oficina de Programación cumple la tarea de coordinación del proceso y ciclo de producción, determinando el lote óptimo por máquina, siguiendo el ciclo productivo desde la orden de la sección de ventas (elaborando la hoja de ruta), anticipando los pedidos de materiales, etc., así establece el *cuándo* producir y utiliza información propuesta por las otras oficinas.

[62] El sistema de incentivos se estableció, pagando a cada operario un premio de acuerdo con la diferencia observada entre el "tiempo asignado" por métodos y el "tiempo real"; estimulando a la mano de obra con aumentos salariales.

[63] Lamentablemente no se pudo obtener la información de los primeros estudios de tiempos sobre los que —según se nos manifestó— se lograron importantes ahorros de tiempos de transformación en algunas secciones importantes de mecanizado. Dicho efecto fue "de una sola vez" para pasar luego a reducciones menores. Por otra parte, la introducción del sistema de incentivos aludido antes, produjo algunos efectos sobre la performance del operario y su relación con los planteles técnicos

La oficina de programación queda formada en 1969 con el ingreso de un ingeniero industrial especializado en la tarea. Junto al sistema de incentivos se realizan el control de stocks y de piezas en proceso con el ingreso en 1970 de un técnico especializado.

El incremento en la productividad del año 1970 puede explicarse por el tipo de cambios introducidos con el nuevo sistema de tiempos, aunque no se pudo establecer con exactitud la magnitud relativa de este efecto en el aumento de productividad total.

Como vemos, la importancia de los cambios "desincorporados" sobre el proceso productivo serían causa primaria de la explicación del aumento de la eficiencia en el uso de factores en esta etapa. No obstante, como se puede observar en el cuadro 3.5. entre 1969 y 1971 el stock (total) de capital instalado crece en un 24 %. Maquinarias y equipos lo hacen en un 38 % y edificios e instalaciones en un 6,8 %. La explicación de tales incrementos viene dada en el caso de maquinaria y equipos auxiliares, por la introducción de dos máquinas de elevado valor, un cepillo grande (julio 1970) y una alesadora a control numérico (julio 1971). El primero de dichos equipos es introducido con el objeto de mecanizar bancadas de mayor tamaño y está asociado con la apertura del "out put mix" (tornos pesados) vista antes; mientras que la alesadora es introducida a los fines de mejorar la calidad de ciertas piezas producidas. Por lo tanto, los cambios en el proceso vía incorporación de equipos no pesarán tanto en esta etapa como en la primera, salvo los dos casos mencionados e incorporaciones marginales de refuerzo en el resto de las sub-subsecciones.

Un cambio importante en cuanto a la organización de las sub-subsecciones se produce en 1970 cuando a instancias de la oficina de métodos se crea la sección de dispositivos, máscaras y herramental. Previamente estas tareas eran realizadas en forma dispersa, en equipos ubicados en distintas partes de la planta. A partir de 1970, se crea dicha sección la cual utilizará máquinas y personal especializado en estas tareas, pasando a constituirse una subsección de importancia dentro de la planta[64]. Esta decisión de invertir en dispositivos a partir de los años 70 repercutirá sobre la eficiencia de los operarios del resto de las subsecciones y está además relacionada con las tareas de métodos (oficina a la cual pertenece) y de unificación (diseño modular)[65].

---

que merecen destacarse. El operario comenzó a exigir al metodista que se le proveyera de mayor cantidad de elementos que le permitieran lograr el máximo de productividad y por consiguiente de salario. Esto indujo a una mejora técnica en materia de listado de tareas y su perfeccionamiento, dispositivos y máscaras, etc., así como también a obtener información de los problemas de cada tarea. Otros efectos notorios fueron los creados cuando ocurrían demoras en la orden de trabajo en cada tarea, originando quejas de los operarios ya que su inactividad les impedía ganar el "premio". Esto hizo que debieran realizarse mayores esfuerzos en el área de programación y seguimiento del proceso productivo. Así también, tuvo que ser aumentado el control de calidad a nivel de tarea para evitar que una excesiva rapidez en el operario deteriore la calidad del producto causando problemas en tramos posteriores del proceso. Esto último fue parcialmente resuelto más tarde acotando el margen de aumento de productividad pasible de recibir premios (hasta 35 % del estándar técnico).

[64] El equipamiento de la sección creció en forma importante a partir de su creación con el traslado de máquinas importantes y la compra de costosos equipos auxiliares. Por su parte el personal entrenado en tal sección creció permanentemente en la etapa. Por ejemplo entre 1974/75-1978/79 el empleo en la sección aumentó en un 152 % pasando su participación en el empleo total de 3,11 % en 1974/75 a 7,74 % en 1978/79. Luego de una reestructuración de la oficina de métodos en 1974 se separan "mecanizado liviano" por un lado y "mecanizado pesado y construcción de dispositivos" por el otro. Esta última es dirigida por un ingeniero, formado en diseño y métodos en la firma antes de graduarse.

[65] Del trabajo de los metodistas en el estudio del método a adoptar para las distintas tareas surge la necesidad de incorporar dispositivos que eleven la productividad de las labores de transformación. Así, fue puesta de manifiesto una relación complementaria entre los estudios de tiempos y métodos, por un lado, y la inversión en dispositivos por el otro.

La forma en que la optimización en el uso del tiempo va siendo resuelta en la planta, es un rasgo que queremos destacar en el análisis de esta etapa. Los primeros estudios de métodos y tiempos fueron dirigidos hacia las tareas productivas en el área de mecanizado. Ello muestra que como estrategia para reducir costos los esfuerzos de ingeniería comienzan por aquella sección de la planta que a comienzos de la década contaba con el mayor número de operarios y una considerable proporción de las maquinarias y equipos auxiliares. Posteriormente se estudiarán los tiempos productivos de la sección montaje[66] y al mismo tiempo serán intensificadas las inversiones en dispositivos (ver nota 63) y la puesta en práctica de la intercambiabilidad de los conjuntos provenientes de los estudios de unificación. Observamos que al cabo de varios años en que los tiempos de transformación o "directos" caen más rápido que los tiempos "indirectos" estos últimos adquieren un mayor peso relativo dentro de los tiempos totales y por ende comienza a ser más notoria la conveniencia potencial de estudiarlos a efectos de racionalizar su incidencia.

Lo descripto en el párrafo anterior es uno de los hechos más interesantes que emergen de nuestro análisis de la incidencia de las distintas secciones en la productividad total de la planta.

Surge de la información presentada que los cambios en los tiempos de las subsecciones están asociados por un lado a tareas de métodos y organización de la producción y por otro a inversiones en dispositivos, mejoras en equipamiento y a las tareas de unificación de conjuntos. No obstante, a pesar de que la descomposición disponible separa, dentro de cada tarea, la importancia relativa de aquellos cambios que son puramente organizativos de la tarea (como la reasignación de operarios antes descripta) vis a vis la importancia relativa de otros efectos tales como simplificaciones en el producto, en la tarea vía unificación, la inversión de dispositivos o máscaras que acompaña tales estudios, etc.

En resumen, el análisis efectuado nos ilustra sobre algunos temas interesantes respecto a las fuentes de aumento de productividad aunque, lamentablemente, no nos permite computar la incidencia relativa de los esfuerzos provenientes de las ingenierías de diseño, de métodos y de programación de la producción de manera separada.

Resumiendo lo ocurrido en esta etapa, aparecen como rasgos salientes los cambios en el proceso que se introducen vía la puesta en marcha de actividades de asistencia técnica al proceso que buscan optimizar y organizar las tareas de transformación. Como hecho notorio surge la interacción que se produce entre las labores del personal de métodos, los gastos en dispositivos y las tareas de diseño modular. A su vez programación y control de la producción optimizará la compra de materiales, los stocks y la circulación de materiales en proceso[67].

[66] Es interesante destacar que la tarea del metodista se ve facilitada en la sección de mecanizado (respecto de las otras secciones) a raíz de que la presencia de maquinarias impone un "tiempo tecnológico" fácil de determinar por el estudio. No ocurre lo mismo en la sección de montaje donde aumentan notoriamente las diferencias entre el tiempo asignado y empleado, no sólo debido a que interviene en mayor medida el operario que la máquina, sino también a los problemas técnicos que se trasladan hasta esa sección (por ejemplo errores en el mecanizado de piezas, fallas en la calidad de la materia prima, etc., que dan origen a tiempo de "repaso"). Así es notorio como el trabajo del metodista se complica en dicha sección de montaje. Ello es más grave aún cuando se analizan los tiempos indirectos (por ejemplo transporte o asistencia a una tarea).

[67] Cabe destacar los estudios que hacia 1977 comienzan a realizarse en la oficina de programación a fin de introducir el estudio de piezas o de "grupos tecnológicos". Dicho estudio tiene por objeto formar familia de piezas que sufren similares transformaciones creando conjuntos que disminuyen

Tales cambios en las tareas, sobre un plantel de equipos que sólo se modifica marginalmente y una tecnología de producción que continúa caracterizándose por sus rasgos discontinuos, han sido denominados como cambios "desincorporados" y representan una nueva fase en la historia evolutiva de la firma.

Por último, los cambios en el área del producto, lejos de disminuir, mantienen un alto ritmo obedeciendo claramente a la estrategia competitiva de la firma frente a dos importantes seguidores en el mercado de máquinas universales y a la competencia externa proveniente de los adelantos que la electrónica introduce en la producción de bienes de capital.

En este punto terminamos con la descripción y análisis de los cambios en la tecnología de la firma en el período estudiado. Hemos avanzado hasta donde el material recolectado y las entrevistas nos han permitido. En la próxima sección intentaremos mirar el cambio tecnológico de la firma, y sus determinantes mediatos e inmediatos desde una perspectiva más teórico-analítica.

4. Etapas históricas y conducta tecnológica: una interpretación teórica

La sección anterior se ocupó en forma más o menos extensa de presentar un análisis de la performance de la firma desde una perspectiva histórica así como de los cambios tecnológicos ocurridos en cada una de las etapas delimitadas. En esta sección, se intentará tomar distancia respecto del material presentado a fin de proponer una posible interpretación teórica del mismo. Pondremos especial énfasis en el papel que desempeña la generación de conocimientos tecnológicos como determinante central de la performance de largo plazo de la firma. La sección está dividida en cinco partes a lo largo de las cuales intentaremos (i) resumir los tipos de cambios tecnológicos detectados y examinados en páginas anteriores y sus posibles determinantes y (ii) ordenar los hechos observados a modo de "secuencias temporales" que nos describen el proceso evolutivo de la capacidad tecnológica de la firma.

4.1. Cambios en el área del producto: el ciclo de maduración de la capacidad interna de diseño

La evidencia presentada en la sección anterior sugiere que los esfuerzos que la firma dedica al desarrollo de nuevos productos ocupan un lugar primordial en su estrategia de largo plazo y producen además un fuerte impacto sobre la performance global de la empresa[68].

---

los tiempos unitarios de preparación a nivel de subtareas. Un primer tipo de estudio denominado "familia cerrada de piezas" comprende componentes muy parecidos entre sí con variaciones de algunas dimensiones y con el mismo tipo de elaboración —es decir que siguen procesos de elaboración similares—. La segunda categoría definida como "familia de piezas abiertas" incluye piezas de formas y dimensiones distintas pero con elaboración mecánica común. Así, la puesta en práctica de este ordenamiento lleva a crear "líneas" en algunas subetapas del proceso reduciendo tiempos dedicados a transporte así como espacio físico.

[68] En este sentido, el caso estudiado no concuerda con afirmaciones realizadas en otros trabajos sobre la escasa labor de ingeniería de producto en el sector de bienes de capital de los PMD. Véase

Según hemos visto, existe un proceso de maduración de la capacidad de diseño de la firma que arranca de la copia artesanal de productos simples y anticuados. Este proceso reconoce como extremos, por un lado, la copia artesanal de un torno conopolea y, por el otro, la concepción de un torno a control numérico. Entre estos extremos se suceden una serie de pasos evolutivos entre los que se destacan (i) la copia del torno Ursus (1958); (ii) el diseño de las máquinas especiales (segunda línea) y el desarrollo del torno T-190 (1960-1965); y (iii) la "reconcepción" de la línea de productos utilizando la unificación o diseño modular (1970-1974).

La copia del Ursus significó el haber alcanzado un estado de desarrollo intermedio entre un taller artesanal y una planta moderna, ya que la copia y producción de esta máquina de mediana complejidad requiere por primera vez los servicios de un ingeniero de diseño, la utilización de planos, etc.

El paso hacia las máquinas especiales representa una verdadera discontinuidad en el "paquete" de información técnica de ingeniería de producto manejado por la firma. Máquinas de mayor complejidad de diseño por su grado de sofisticación como los tornos copiador y revólver, requeridas por sectores tecnológicamente avanzados de la rama metalmecánica, fueron desarrolladas incorporando conocimiento proveniente del exterior, a través del ingeniero alemán quien crea la oficina de diseño de la firma. Junto a las máquinas especiales, el diseño del torno paralelo T-190 significa el abandono de la tradición de copia de productos extranjeros y el comienzo del desarrollo propio de productos que se adecuan mejor a las condiciones del mercado local y a las posibilidades de producción de la planta[69].

La unificación o diseño modular significa un avance aún mayor en la capacidad de diseño, permitiendo la intercambiabilidad entre partes de los distintos modelos y contrarrestando de este modo deseconomías de escala de una planta chica y de un "out put mix" excesivamente abierto. Esta tarea es comenzada luego que se ha podido acumular cierta cantidad de información tanto sobre el producto como sobre el proceso productivo —en especial de aquellas partes sujetas a intercambiabilidad—. De este modo no puede verse esta actividad como exclusiva del área de diseño sino más bien requeriendo un nivel de desarrollo apreciable y esfuerzos conjuntos en diseño y proceso productivo. La gran importancia de este tipo de tareas es además, que puede permitir una reducción en la escala óptima de productos tecnológicamente más complicados (como los

---

por ejemplo H. Pack: "The Capital Goods Sector in LDCs: A Survey" mimeografiado, World Bank, 1979 y J. D. Mitra: "The Capital Goods Sector in LDCs: A case for State Intercention?", *World Bank Staff Working Paper Nº 343,* 1979. Según ambos autores existe cierta evidencia que señalaría que los esfuerzos en R&D en diseño son muy escasos en comparación con aquellos de asistencia técnica al proceso productivo.

[69] En el período en que la firma era un taller artesanal, cuando se decidía la elaboración local de un producto extranjero se procedía a su producción tratando de imitar en lo posible cada parte del mismo. Pero como el producto original había sido concebido a partir de una determinada calidad de materias primas, equipamiento, "lay out", etc., muy distintos a los poseídos por el taller —el cual había sido creado de una manera pragmática sobre la base de equipos usados y adiciones posteriores de máquinas nuevas— el resultado final era la obtención de un producto que cumplía las mismas funciones que el original pero poseía una menor calidad. Con el desarrollo de la capacidad de diseño y proyección, la firma está en condiciones de modificar el paquete de información asociado al producto importado a los fines de adecuarlo a "su" proceso de producción (en especial equipamiento, grado de integración, etc.) y de este modo optimizar las relaciones entre diseño y proceso. A su vez, la capacidad de diseño le permite modificar el producto (tamaño) si las condiciones fluctuantes del mercado la obligan a explotar nuevos "nichos" del mismo.

tornos copiador, revólver y control numérico) si estos tienen un porcentaje considerable de piezas o partes sujetas a unificación. (Este parece ser el caso del desarrollo del torno a control numérico).

En la línea de tornos paralelos aparecen "generaciones" de máquinas cuya "vida" o "ciclo" oscila alrededor de los siete años (véase en el cuadro 3.1. la secuencia Mass-Ursus-TUrsus-T-190 viejo-T-190 nuevo). Las mejoras observadas de una generación a otra obedecen a la tendencia natural existente en este tipo de máquinas de ajustar y reforzar su estructura, potencia del motor, velocidad de corte, etc., de acuerdo con los **desbalances** entre éstas y otras partes de la máquina, que produce la evolución de los materiales a trabajar y en las herramientas de corte[70]. Existe clara evidencia de que los ingenieros de diseño de la firma han orientado la actividad de diseño en esta dirección, siguiendo un patrón que para ellos constituye un "camino natural". Lo que ha guiado estos cambios entre "generaciones" es la regla de diseño según la cual "el diseño de un torno comienza a partir de las posibilidades de trabajo de las herramientas". A este nivel de análisis, el tipo de mejoras que se van buscando e introduciendo parecen determinarse por consideraciones de tipo técnico e ingenieril.

Sin embargo, esta secuencia de mejoras en la calidad del producto lleva tarde o temprano a que la firma enfrente una disyuntiva entre precio y calidad, a la luz de las condiciones del mercado. La permanente mejora en la calidad del producto se va alcanzando a través de cambios en el diseño y la consiguiente introducción de técnicas de producción de mayor costo (maquinarias con mayor requerimiento de calidad, tratamiento térmico, etc.). Esto tiende a elevar la calidad y el precio por encima de los competidores. De este modo cuanto menor sea la elasticidad-calidad de la deman-

[70] N. Rosenberg en su artículo "The Direction of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices", *Economic Development and Cultural Change,* Vol. 18, Nº 1, 1979 desarrolla con claridad, como los esfuerzos innovativos en el área del producto son inducidos por desbalances entre partes de la máquina los que producen una secuencia de búsqueda tecnológica permanente. En los países industrializados esta tendencia ha sido clara en gran parte del siglo. Por ejemplo, las características de Potencia y Velocidad de Corte para el caso de un torno tipo universal de 16 "inches" han evolucionado de la siguiente forma:

	1938	1948	1958
Potencia (HP)	7,5	10	20
Velocidad de corte (en in/min)	16,0	20	40

Esta tendencia fue en gran parte consecuencia de la introducción a fines de los 30 de herramientas de corte de carbono (Carbide Cutting Tools) que al posibilitar mayores velocidades de corte respecto de su predecesor, las herramientas de acero rápido (High Speed Steel) obligaron al desarrollo de nuevos parámetros de potencia y velocidad (ya que los anteriores resultaban insuficientes). Como puede verse a continuación el cambio de herramientas permitió más que duplicar las velocidades según el material utilizado.

	Velocidades de Corte (fpm)	
Material a trabajar	**High Speed Steel**	**Carbide**
B 1112 Steel	225	550
1020 Steel	180	500
Gray Cast Iron	110	225
Brass	250	725
Aluminium Alloys	300	400
Magnesium Alloys	300	700

Los datos provienen de E. P. de Garmo "Materials and Process in Manufacturing" y fueron tomados de T. O. Boucher "Capital Investment and Productivity in Manufacturing" School of Operations Research and Industrial Engineering, Cornell University (mimeo, 1979).

da (cambios en la cantidad demandada ante cambios en la calidad) y mayor la elasticidad-precio en un submercado dado (puede ser nacional o extranjero) menos viable aparece la estrategia de continuar mejorando el diseño de un producto estándar. Esto es lo que parece haber sucedido en nuestro caso, en donde la firma ha perdido en el tiempo terreno frente a la competencia en submercados donde consideraciones de precio son más importantes (talleres de reparación) y ha mantenido un claro liderazgo en otros donde la calidad importa más (autopartes y otros). Sin embargo la actitud de la firma frente a esta cuestión es más amplia y está relacionada con su percepción de la competencia en el largo plazo, y el desarrollo de productos más complejos.

Luego que la firma logra incrementar su escala de operaciones hacia 1965, se asiste a una gradual pero amplia apertura del "out put mix" en tornos paralelos. Los cambios producidos se traducen en modificaciones en el tamaño de las máquinas respectándose la separación en "generaciones" hecha antes; esto es, se tiende a diseñar una nueva máquina que es mayor o menor en tamaño respecto a las existentes, pero que en lo esencial sigue formando parte de una determinada "generación".

Por ejemplo, la aparición de los tornos T-160, T-180 y T-220 en la segunda etapa (1965-1969), la cual hemos calificado de apertura "defensiva" que busca mantener la producción (y las ventas) ante la caída de la demanda, conforma un conjunto de máquinas cuyos parámetros pertenecen a la generación del torno T.190 viejo (1965). A diferencia de ello, la línea de tornos pesados –apertura del "mix ofensiva" que busca abrir nuevos submercados– forma parte de la generación del torno T-190 nuevo (1974).

Esta diferenciación entre actitudes defensivas y ofensivas por parte de la firma en esta área, ha sido hecha sólo para remarcar que las causas que incentivan la diversificación del "out put mix" pueden descansar en distintos estímulos. La inestabilidad de la demanda, ha sido el argumento al que normalmente los empresarios de esta industria han recurrido para explicar la diversificación. En especial aquellas firmas que arrancando de ser muy chicas han logrado llegar a adquirir un tamaño mediano durante los "boom" del sector, introduciendo equipos para incrementar su producción, se han visto en difícil situación cuando la demanda cae y la capacidad ociosa se eleva, creándose de este modo incentivos a la diversificación del "mix" de producción. También se ha señalado como un determinante del alto nivel de capacidad ociosa y por ende de diversificación, a subsidios de diverso tipo al capital en que incurren los gobiernos en los PMD, incentivando a las firmas a sobreequiparse.

No obstante, independientemente de las explicaciones dadas arriba, nótese que la gradual "diversificación" del producto original de la firma tiene lugar luego que se ha pasado por una etapa reciente de crecimiento y parece ser también el resultado de la mayor complejidad que la firma imprime a sus actividades a medida que la escala del negocio aumenta. Casos de otras firmas de la Argentina y Brasil en donde la diversificación se produce "de todos modos" cuando la firma llega a una determinada escala de operaciones podrían ser citados en favor de lo dicho arriba. En la Argentina, uno de los principales competidores de la firma en tornos paralelos, diversificó su línea en los años '70, luego de experimentar un fuerte crecimiento sobre la base de uno o dos modelos de tornos medianos. En Brasil, en donde el crecimiento y estabilidad de la demanda han sido notorios en los últimos años, existen firmas de gran tamaño para el sector con un "out put mix" sumamente diversificado y complejo.

Los párrafos anteriores presentan a la diversificación como conducta posible a se-

guir por la firma en distintas circunstancias. Por un lado la política económica puede inducir tales conductas indirectamente (ya sea a través de subsidiar el costo de capital, afectando la demanda del sector vía inversión pública[71], etc.). Por otro lado, la mayor complejidad del "mix" parece explicarse, en firmas de mayor tamaño, a partir de mayor escala y complejidad en la estructura de las firmas. Sin embargo, sea cual fuere el peso relativo de una u otra explicación, lo cierto es que la apertura del "out put mix" produce efectos negativos sobre la eficiencia de planta, elevando los costos unitarios vía disminución en el tamaño del lote elaborado. Esto tiene especial importancia en mercados de tamaño pequeño o mediano, en donde a pesar de la flexibilidad de las firmas para adecuarse a tales cambios, los resultados en términos de costos pueden ser desfavorables vis a vis la competencia externa. En este sentido puede decirse que el caso aquí analizado describe la disyuntiva entre reducción de costos unitarios y diversificación del "mix" de productos que enfrenta una firma mediana que opera en un mercado también "mediano". La respuesta parcial de la firma para enfrentar esta disyuntiva ha sido esforzarse en optimizar el proceso —dentro de la configuración de taller de tipo discontinuo— y la puesta en práctica del diseño modular o unificación[72].

El paso hacia el control numérico es parte de la estrategia de la firma de moverse hacia una mayor complejidad del producto en respuesta al acercamiento de la competencia interna y externa en máquinas universales, y a las tendencias del mercado internacional. A pesar de que al final del período bajo estudio no había superado la etapa de prototipo —cosa que hizo en 1980—, tal cambio en el producto no constituyó una discontinuidad de gran significación, tanto en lo que hace a la actividad de diseño del producto como en lo referido al nivel de integración vertical de la planta, equipamiento, organización de la producción, requerimiento de mano de obra, etc. Esto puede explicarse por el alto grado de desarrollo alcanzado por la firma en estas áreas a través de alta calidad del producto estándar, equipamiento moderno, plantel técnico experimentado y también apoyo financiero por parte del grupo propietario que disminuyó el riesgo de la inversión. Todo ello hizo que la transición al control numérico fuera parte de un proceso evolutivo no caracterizado por grandes discontinuidades.

En resumen, el proceso de maduración de la capacidad tecnológica en materia de ingeniería de diseño está conformado por distintos cambios —que muestran una clara tendencia desde la copia relativamente fiel de tecnología externa hacia un creciente porcentaje de diseño local más independiente. Dicha "secuencia" parece obedecer a estímulos diversos. Para referirnos a las causas explicativas de tales conductas, hablaremos de determinantes "mediatos" o "inmediatos" de la capacidad innovativa en el área del producto[73]. Entre los primeros —y en especial durante la intensa actividad de diseño del

[71] En la Argentina se ha encontrado que el papel desempeñado por la inversión pública sobre la demanda de máquinas-herramienta es bastante importante. Así, por ejemplo, el 35-40 % de las máquinas a control numérico del país se encuentran en firmas asociadas directamente a sectores que han recibido fuerte inversión pública en los últimos años. Véase S. Jacobson, "The use and Production of Numerically Controlled Machine Tools in Argentina", *Working Paper Nº 37*, IDB/ECLA/UNDP/IDRC Programme, Buenos Aires, 1980.

[72] Cuanto más estrecha sea la variabilidad entre los productos elaborados por la firma más factible será encarar tareas de unificación interna. En nuestro caso la variación no ha sido muy amplia y ha permitido que un número importante de piezas hayan sido unificadas.

[73] Los términos "mediato" o "inmediato" deben interpretarse en sentido de proximidad de ciertas variables a las conductas emprendidas por la firma. Esto es, en el caso de los cambios en el área del producto, a pesar de reconocer que los estímulos últimos a tales actividades provienen de

período 1960-65– resalta el papel de la demanda, a través de la diversificación y crecimiento del sector metalmecánico y en especial la aparición del complejo automotriz. Concomitantemente, y como resultado de las condiciones favorables para la industria de máquinas-herramienta a fines de los cincuenta, surge la decisión del grupo propietario de operar una planta moderna de máquinas de alta complejidad y calidad; y en función de ello se otorga especial prioridad al desarrollo del área del producto (contratando al ingeniero alemán, invirtiendo en prototipos, adquiriendo licencias, etc.). Ambas variables, –demanda y estrategia competitiva del grupo propietario– aparecen como causas mediatas de los cambios más importantes en el área del producto. Sin embargo, aparte de estos determinantes, aparecen también un conjunto de determinantes más inmediatos de los cambios ocurridos. En primer término, el análisis anterior evidencia que detrás de las innovaciones del producto de la firma, se encuentran "skills" de diseño relativamente importantes, en comparación con otras firmas del sector. Dichos "skills" diferenciados de diseño provienen tanto del ingeniero "importado" –desarrollo de máquinas especiales, incorporación de información técnica en el área del producto y proceso (véase por ejemplo la descripción de la introducción de la técnica del templado de la bancada)– como del ingeniero local –copia del Ursus, diseño del T-190, diseño modular, control numérico– y no pueden ser dejados de lado en la "explicación" de muchos de los cambios ocurridos. En segundo término, la misma "secuencia natural" que determina el paso de una generación a otra de tornos paralelos, a raíz de los desbalances entre partes y componentes, es también una causa importante de las mejoras en productos. En tercer término, el conjunto de variables citadas más arriba detrás de la explicación de la diversificación del "out put mix" en tornos paralelos (recesión, búsqueda de submercados, etc.) también forman parte de este tipo de determinantes.

Un hecho adicional que merece destacarse se refiere al proceso de aprendizaje del plantel técnico de diseño, que se halla implícito en el ciclo de maduración aludido. La intensa actividad de diseño que acometió la firma desde 1960, a pesar de verse enriquecida por la experiencia del ingeniero alemán, estuvo colmada de errores debido a la falta de conocimiento técnico en algunos temas. Estos errores y fracasos deberían ser resueltos "pari pasu" a medida que se fueron adquiriendo las capacidades técnicas necesarias para enfrentarlos. En este sentido, nos fue señalado que luego de una década de experiencia (1960-1970) en donde abundaron los errores y las fallas, se logró acceder a un nivel de conocimientos más elevado en diseño y proyección de nuevas máquinas. Este fenómeno se aplica también a las otras áreas del conocimiento de la firma.

4.2. Cambios en el área del proceso: de cambios "incorporados" en equipamiento hacia cambios "desincorporados" o en actividades técnicas

Los cambios que la tecnología de la firma sufre en esta área pueden ser resumidos en cuatro hechos de importancia, a saber:

a) Cambios de naturaleza "incorporada" en nuevas máquinas, introducidas fundamentalmente en la primera etapa (1960-1965).

---

variables económicas, i.e. "las fuerzas del mercado", existe también un conjunto de variables más cercanas a tales cambios, como por ejemplo la disponibilidad de "skills" de diseño, que nos permitirán acceder a una mejor interpretación de los insumos involucrados en los cambios en el producto.

CUADRO 3.11

Actividades en Ingeniería de Diseño y Proceso en una firma argentina de Máquinas-herramienta. 1960-1976

	Horas-hombre anuales promedio en actividades técnicas		"Skills"		Actividades técnicas	
	Diseño	Proceso (a)	Diseño	Proceso	Diseño	Proceso
1ª. etapa 1960-1965	9.400	1.300	Ingenieros Mecánicos (Diseño) Técnicos Dibujantes	Operarios Calificados	Primera Línea: Prototipos T-190, TL-250 Segunda Línea: Prototipos Torno Copiador TC-500 Torno Revólver TR-250 Agujereadora RB/32	Actividades de "Trouble-Shouting" hechas por Jefe de Planta quien además controla abastecimientos (compra) y asigna tiempos junto a supervisores, basándose en experiencia directa. No hay control de stocks ni de calidad.
2ª. etapa 1965-1969	12.800	19.500	ídem	Ingenieros Industriales en Métodos y Programación (1968-69) Técnicos Control Calidad	Primera Línea: Nuevos Modelos Pequeños y Medianos T-160, T-180, T-220 y T-250 Segunda Línea: Fresadoras FP1, FA1, Torno Revólver TR-250/52 Estudio Torno "Heycomat" Copiador.	—Primeros Estudios de Métodos (1968). —Creación Sistema de Incentivos sobre Tiempos Asignados. —Inicio Control de Stocks y Estudios Lote Optimo. —Control de Calidad.
3ª. etapa 1969-1976	15.000	34.300	ídem ídem Ingeniero Electrónico	ídem Técnicos Metodistas. Técnico Activador Piezas en Proceso Ingeniero Mecánico (Diseño y Métodos) Ingeniero Industrial (Programación)	Reconcepción Primera Línea Inicio Diseño Modular o Unificación Primera Línea: Modelos Pesados T-280, T-300, T-350, T-400. Nueva Versión de T-190, T-220, T-160. Segunda Línea: Fresadora FA2 Torno Automático "Ciclomatic" Torno Copiador TCA 300 Torno Control Numérico TCN-300	—Profundización de Estudios de Métodos: apertura por secciones a) Mecanizado Pesado y b) Mecanizado Liviano y Montaje. —Creación Sección Dispositivos —Control de Stocks —Estudio Piezas en Proceso —Carga de Máquinas p/sección —Estudio Familia de Piezas (Grupos tecnológicos) —Control de Calidad p/secciones

(a) Proceso incluye horas provenientes de técnicos e ingenieros de las Oficinas de Métodos y Tiempos, Programación y Control de Calidad. En la 1ª. etapa se computan horas del Jefe de Planta y Asistentes.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por la firma.

b) Formación y especialización del plantel operario, dividiéndose el trabajo en puestos fijos, también en la primera etapa.

c) Una drástica modificación en la composición del personal a través de un aumento en la relación indirectos (técnicos)/directos (operarios), iniciado en la segunda etapa (1965-1969).

d) Cambios de tipo "desincorporado" provenientes de los esfuerzos que las oficinas de asistencia técnica (métodos y tiempos, programación, control de calidad) realizan buscando optimizar el proceso productivo, en la última etapa (1969-1976).

a) La incorporación de maquinaria de la primera etapa responde, según vimos, al doble propósito de aumentar la escala operativa y elaborar productos de mayor contenido tecnológico. En efecto, la mayoría de las incorporaciones permitió solucionar "cuellos de botella" en la producción, a la vez que introducir nuevas etapas del proceso o mejorar las existentes de acuerdo con los requerimientos impuestos por la aparición de las máquinas especiales y las nuevas generaciones de tornos paralelos. En especial, los cambios en el área de diseño acarrearon modificaciones importantes en el equipamiento. Por ejemplo, todas las incorporaciones asociadas al rectificado de engranajes, que abarca las subsubsecciones de rectificado liviano, dentado y la mitad de tornería, fueron realizadas como consecuencia de la introducción de tales tareas, obedeciendo a los cambios en el mecanismo de transmisión de velocidades del producto final, que se inician con el Ursus. Al mismo tiempo la aparición de equipos destinados a tratamiento térmico se realizan a partir de la incorporación de tales técnicas que buscan elevar la calidad del producto (véase por ejemplo la anécdota sobre el templado de la bancada). En general, todas las incorporaciones de la subsección de mecanizado pesado permitieron aumentar la producción, pero también se hacía imposible elaborar los nuevos productos si tales equipos no eran introducidos.

Cabe poca duda que una parte del incremento de la productividad de factores se debe a estas incorporaciones. No obstante que reconocemos que muchas de estas mejoras tienen origen externo, dado que dichos equipos en su mayoría fueron importados, hemos llamado la atención sobre los determinantes de tales incorporaciones y puesto de relieve el papel de cambios en el diseño vis a vis nuevas tareas y nuevo equipamiento. La interdependencia entre diseño de producto y proceso productivo resulta clara, así como la imposibilidad de separar un efecto del otro.

b) Con el incremento de la escala y la incorporación de gran cantidad de operarios, fue necesario acometer la formación de los mismos. La firma prefirió tomar gente sin experiencia y entrenarlos en la planta, sin ningún tipo de ayuda oficial en la formación de los operarios. El aumento de la escala creó condiciones para una mayor especialización del plantel, abandonándose la práctica de movilidad del operario dentro del taller y su sustitución por puestos fijos en cada tarea. Esto permitiría no sólo un mayor efecto de aprendizaje (en el sentido de Arrow y Alchian) sino que luego permitiría establecer tiempos y métodos apropiados, introducir dispositivos, etc., optimizando la tarea. Este tipo de efectos sobre el proceso puede interpretarse como subproducto del incremento de la escala de operaciones de la firma[74].

[74] Véase por ejemplo, el desarrollo del teorema de A. Smith hecho por G. Stigler en "The División of Labour is limited by the extent of the market". Impreso en el libro del mismo autor "The organization of Industry", R. D. Irwin, 1968.

c) El cambio en la composición del personal es, sin duda, una discontinuidad importante en la historia tecnológica de la firma. Se trata de la introducción de nuevas funciones que modificarán la organización de la producción y provocarán un fuerte impacto en la productividad y eficiencia general de la firma. Fueron señalados dos determinantes de este cambio. Por un lado, desequilibrios en la organización de la planta como consecuencia del aumento de la escala al final de la primera etapa. Por otro lado, la creciente complejidad del tipo de producto (apertura del "mix" en primera línea, mayor calidad en todos los productos, etc.).

Una comparación de la firma con sus seguidores inmediatos en el mercado de tornos puede ser útil para reflejar los motivos de tal conducta. Ambos competidores alcanzaron años más tarde, una escala de operaciones apreciables, similar a la que la firma proseía en 1965. Sin embargo, no han desarrollado actividades técnicas como métodos y tiempos, programación, etc. y su relación directos/indirectos es significativamente más elevada.

La explicación puede tal vez encontrarse en que dicha dotación de técnicos (muy baja) puede ser más apropiada dado que ambos elaboran un tipo de producto más estándar y de menor calidad (sólo tornos paralelos) y no cuentan con máquinas especiales entre sus productos[75]. Si esto es cierto, nuevamente aparece la calidad y complejidad del producto como determinante de cambios en el proceso. Adicionalmente, las diferencias en la estructura de la propiedad entre las firmas —aquéllas son de tipo familiar— pueden ser mencionadas como explicación a sus distintas relaciones directos/indirectos. En nuestro caso, el apoyo financiero del grupo propietario puede haber facilitado —ante la ausencia de ayuda estatal— la incorporación de ingenierías todavía escasamente difundidas en el sector.

d) Por último, los cambios de tipo "desincorporado" hallados en la última fase están relacionados en forma estrecha con el punto anterior ya que provienen de las tareas de los nuevos elencos técnicos. Diremos aquí que el conjunto de esfuerzos técnicos descritos en este campo buscan un aumento de la productividad o si se prefiere de reducción de costos. No obstante no debe confundirse tales actividades con conductas asociadas a una estrategia de reducción de costos frente a la competencia. La actitud de la firma frente a la competencia ha sido la de adelantarse permanentemente a la misma, ejerciendo un liderazgo en el cual la calidad y variedad del producto han sido los elementos centrales[76]. Ello no quita que, en un determinado momento la excesiva diversificación y complejidad del "mix" haya alentado a la firma a evitar efectos desfavorables en los costos, emprendiéndose las mencionadas actividades técnicas. Pero en definitiva lo que produce tales cambios no es una estrategia explícita de reducción de costos (la que podría lograrse simplificando el "mix") sino a partir de la estrategia competitiva vía diferenciación de productos.

[75] Según el Jefe de Planta de nuestra firma... "hoy, para producir tornos paralelos estándar no se necesita una dotación importante de ingenieros y técnicos... si nosotros no tuviéramos la segunda línea, nuestra relación directos/indirectos sería mucho más elevada que la actual".

[76] El ambiente competitivo del mercado parece centrarse en competencia en productos y en menor medida en precios. En otros trabajos se ha señalado que la estrategia prevaleciente más común entre las firmas del sector en los PMD, dado el carácter oligopólico del mercado y la ausencia de competencia externa, ha sido el de mantener las porciones relativas de cada firma, siguiendo un comportamiento de tipo "satisficing".

En este plano podemos detectar también la presencia de un ordenamiento temporal, en el sentido de que cambios técnicos derivados de la incorporación de nuevas maquinarias han cedido lugar en el tiempo a cambios de tipo "desincorporado" como se los define más arriba. Esta secuencia no tiene porqué ser una regularidad empírica y tal vez lo correcto sea interpretarla como sólo un caso. Pero al menos dentro de este caso, permítasenos señalar algunos rasgos que describen la secuencia mencionada.

Un primer punto, debe tenerse presente, es que estamos describiendo el proceso de una firma metalmecánica de un país en donde la escala no crece significativamente salvo en los primeros años y por lo tanto el tamaño del mercado fuerza a la firma analizada a seguir operando dentro del marco de una tecnología discontinua. Así, a posteriori del "boom" de los años 50 y comienzo de los 60, tanto el nivel y ritmo de crecimiento de la escala de la firma son moderados.

El origen de la secuencia se localiza en las fuertes inversiones que están asociadas con el aumento de la escala y el abandono de la organización del taller (en esto último también interviene un cambio en la estructura de la propiedad). En esta transición el producto es alterado y, asociado a este cambio, aparecen nuevas etapas y equipamiento, mientras se mantiene la organización en forma de taller ("job-shops"). La información sobre el proceso se encuentra en manos del Jefe de Planta y Supervisores, quienes se abocan a la solución pragmática de problemas técnico-productivos en el corto plazo.

Luego del crecimiento de las ventas y el éxito en el mercado a través de unos pocos productos la firma comienza a volver más "complejo" el producto, entendiéndose por esto aumentos en la calidad y apertura del "out put mix". Problemas organizativos derivados de este cambio superan la capacidad técnica de quienes manejan el proceso. Así, la composición del personal es alterada y se incorporan planteles técnicos de ingeniería de proceso sobre quienes descansará ahora la recopilación y generación de información técnica. Se comienza mejorando el proceso a nivel de tarea, introduciéndose métodos apropiados, creándose dispositivos y asignándose tiempos operativos. Luego las relaciones entre las etapas del proceso, el flujo de materiales y el control de stock, empiezan a estudiarse con mayor profundidad. El resultado es la optimización del proceso y la reducción de costos, que compensa el efecto opuesto provocado por decisiones en el área del producto (apertura del "mix").

Sin embargo, dado el moderado aumento en la escala, todavía se mantiene la organización de "taller" lo cual genera diversas fuentes de ineficiencia, a pesar de los esfuerzos de racionalización que intentan crear "líneas" en ciertas sub-subetapas por medio de la unificación o de los estudios de familia de piezas. De este modo, todo esfuerzo de optimización y reducción de costos es en sentido "restringido" dado por la permanencia en una tecnología discontinua.

Por otro lado, la moderación en el nivel y ritmo de aumento de la demanda impiden también nuevos cambios de tipo "incorporado" al mantener a la inversión —luego del fuerte aumento de la primera etapa— a un ritmo vegetativo o de reposición.

Tal es la descripción de la secuencia de cambios incorporados-desincorporados en el proceso productivo, como fuentes del incremento en la eficiencia a lo largo de casi dos décadas.

A esta altura, la pregunta que surge es si, —aún teniendo en cuenta la particularidad del caso y subrayando el conjunto de restricciones que rodean al mismo en cuanto

a sus características propias– es posible extraer de la presente secuencia el material que nos permita pasar a discutir cuestiones más generales. En este sentido, tal vez podamos arrojar luz sobre preguntas como: (i) ¿Cuáles son las fuentes de incremento en la eficiencia de un taller pequeño en los inicios del desarrollo de la industria en un PMD?; (ii) ¿Cuáles las de una planta que al cabo de los años haya adquirido una escala media y diversificado en forma amplia el "out put mix"? y (iii) ¿Cuáles han de ser en el futuro dichas fuentes de mejoras para esta misma planta, de mantenerse una cierta limitación en la escala dada por el tamaño del mercado?

Según los rasgos del patrón subyacente en nuestro caso, las mejoras en la productividad por cambios en el proceso, en los primeros años del taller se localizan fundamentalmente a nivel de tarea productiva y vendrían dadas por mejoras en el equipamiento y en la habilidad del plantel operario. Ambos tipos de mejoras se acentúan cuando la escala crece y se produce la transición hacia una planta mediana. Luego de que la planta haya superado su inicial fase de expansión, una parte importante y creciente de tales mejoras puede residir en actividades introducidas por planteles técnicos que optimizan el proceso. Más adelante en el desarrollo de la firma –y dada su permanencia en una tecnología discontinua, un "out put mix" diversificado, etc.– las mejoras en el nivel de productividad podrían provenir de:

a) Explotar aún más la unificación y los estudios de piezas, tendiendo a crear líneas en ciertas subetapas.
b) Modificaciones en el nivel de integración vertical o en la eficiencia de las industrias proveedoras de partes y componentes subcontratadas.
c) Introducir nuevo equipamiento que mejore la eficiencia del proceso de mecanizado.

En nuestro caso vimos que la firma ha encarado el primer camino, en mayor medida que los dos restantes. El nivel de subcontratación se ve limitado por el escaso desarrollo de firmas proveedoras. Para el reequipamiento es necesario condiciones de demanda favorables, así como estímulos vía precios relativos de los factores. También en gran medida depende del nivel y ritmo de obsolescencia tecnológica del equipo utilizado por la firma a la luz de las innovaciones introducidas en la industria. No obstante, en la mayoría de las subetapas del proceso no han aparecido maquinarias nuevas que alejen la productividad de la tarea en gran medida respecto de lo logrado en la planta. Véase por ejemplo, la afirmación del Jefe de Planta sobre la rectificadora de bancadas "Waldrich". En un trabajo reciente que analiza el ritmo de innovaciones en productos de la industria de máquinas-herramienta para explicar la caída en la productividad del sector manufacturero de los Estados Unidos[77], parece confirmarse la afirmación anterior en el sentido de que no existen grandes mejoras en la "productividad" de las máquinas-herramienta más importantes desde comienzos de los 60. Esto puede explicar en parte la falta de incentivos a renovar el equipo existente. Sin embargo, el estudio mencionado excluye el impacto de la electrónica en las máquinas-herramienta. Dada la importancia del control numérico para las series de producción

[77] Véase T. Boucher "Capital Investment and Productivity in Manufacturing". School of Operations Research an Industrial Engineering. Cornell University. La productividad de las máquinas-herramienta es medida en el tiempo a través de un índice denominado "Productivity Criteria Quotient" (PCQ) publicado por la revista American Machinist. Véase *American Machinist,* noviembre 11, 1963; junio 7, 1965 y octubre 7, 1968.

de tamaño reducido, conviene considerar abierta, en el futuro cercano, la introducción de equipamiento moderno como fuente de incremento de la productividad laboral.

Obsérvese que nos hemos referido a cambios en el proceso dejando inalterado el tipo de productos. Es obvio que cambios en el producto, por ejemplo, al reducir la producción a uno o dos modelos, puede causar un impacto muy fuerte en productividad. Pero ello se halla limitado por condicionantes como el tamaño del mercado y la competitividad internacional.

4.3. El producto como determinante de cambios en el proceso

Las páginas anteriores muestran que cambios en la calidad y complejidad del producto pueden llevar a cambios en el proceso productivo. El efecto aislado de tales cambios no pudo cuantificarse dado que al mismo tiempo el proceso cambia por otros factores. Pero al menos hemos advertido que la firma puede modificar (aumentar), con la calidad del producto, dos relaciones básicas:

(i) Capital/Empleo al introducir equipamiento más sofisticado y menos universal con el propósito de elaborar partes del nuevo bien.

(ii) Indirectos/Directos con el objeto de organizar y optimizar la producción de un "out put mix" más complejo.

El tipo de producto como variable refleja, en última instancia, el poder de compra del mercado usuario. Sectores productores de bienes tecnológicamente sofisticados o de producción masiva demandan bienes con alta elasticidad ingreso y baja elasticidad precio. Lo inverso ocurre con pequeños talleres de reparaciones y sectores con firmas pequeñas. La introducción de las máquinas especiales refleja el propósito de la firma de destinar su producción a submercados de mayores ingresos. Al mismo tiempo las mejoras en la calidad de los tornos paralelos tiende a satisfacer requerimientos de producción en pequeña escala.

Los cambios en el producto han hecho que el proceso productivo se torne más capital-intensivo e intensivo también en mano de obra calificada, en relación a su estado anterior. Las relaciones anteriores pueden cambiar asumiendo cierta forma compulsiva (del tipo "no puedo producir el nuevo bien a menos que introduzca un equipo más sofisticado") o en forma más indirecta estimulando la introducción de nuevas tareas técnicas (como en el cambio de la relación indirectos/directos). Obviamente, los cambios en el proceso son más amplios que variaciones en una técnica dada o en las características del establecimiento y presuponen nueva información en el proceso y su organización.

Este breve comentario sobre los efectos del producto en el proceso productivo no pretende desconocer la posible influencia de otras variables normalmente usadas como, por ejemplo, precios relativos o escasez de factores y tamaño de la escala operativa. Simplemente hemos puesto de relieve el papel del producto, dado que ha sido encontrada mayor evidencia en favor de este efecto. También la escala operativa se halla presente en muchos de los cambios, aunque no hemos podido hallar evidencia concreta en favor de precios relativos —y los empresarios no lo incluyeron en sus explicaciones sobre los cambios mencionados.

Finalmente, si la calidad del producto es una variable importante en la introducción

de nuevos métodos de producción ¿porqué razón, la introducción del torno a control numérico no provoca cambios de importancia en el proceso y su organización? Dos puntos pueden tenerse en cuenta para responder a este interrogante. En primer término, conviene analizar al producto en cuestión como formado por dos partes bien distintas, una parte mecánica y una parte electrónica, estando esta última fuera del ámbito de producción de la empresa. Entonces la cuestión se reduce a indagar los cambios sufridos en la parte mecánica elaborada por la firma ante la introducción del comando electrónico, el impacto de tales cambios sobre el equipamiento, grado de integración, "lay-out", fuerza de trabajo, etc., así como los "skills" requeridos para la introducción de tales cambios. Tal como lo señaláramos anteriormente, una serie de factores han influenciado para que dicho impacto sea pequeño. La elevada calidad del producto estándar de la firma ha permitido a la oficina de diseño "seleccionar" un tipo de máquina a control numérico sencilla, de tal manera de aprovechar las partes del torno paralelo. En esto han influenciado positivamente el nivel de desarrollo alcanzado por la firma en el proceso de producción y en especial en las tareas técnicas de unificación. Asimismo, la experiencia de los planteles técnicos de diseño y proceso ha sido suficiente para resolver el desarrollo del prototipo mencionado. Aquellas tareas nuevas como el desarrollo de los comandos electrónicos de accionamiento de la parte mecánica fueron desarrollados por un ingeniero electrónico con una experiencia corta, de 3-4 años dada por el desarrollo de las partes electrónicas de los modelos anteriores TC-300 torno copiador y el torno T-220 ciclomatic. En resumen, alta calidad del producto más capacidad interna de diseño y de ingeniería de proceso han facilitado la transición hacia una máquina sencilla a control numérico sin alterar sobremanera los métodos de producción.

En segundo término, debe también tenerse presente que el tipo de producto en cuestión estaba todavía, al final del período analizado, en un estado de prototipo, abarcando una fracción muy pequeña del "out put mix". Es de esperar que si la producción de este tipo de máquinas aumenta la presión para introducir cambios en el proceso que "acomoden" el mismo a este producto, probablemente será mayor.

CASO Nº 4

UNA PLANTA ARGENTINA DE EQUIPO AGRICOLA[78]

Julio Berlinski

1. Introducción

La planta analizada en este trabajo se dedica a la producción de implementos agrícolas de roturación y siembra.

Se trata de una empresa que comenzó a funcionar a principios de la segunda guerra mundial y, casi al final de la misma, se ubicó en su localización actual. La naturaleza de su producción es doble: por un lado, maquinaria agrícola y, por el otro, herramientas manuales. Ambas plantas fueron creadas simultáneamente y no se descarta, dada la predominancia de herramientas forjadas, el aprendizaje cruzado realizado entre las mismas, especialmente a través del departamento dirigido por uno de los fundadores dedicado a la introducción de nuevos productos. La planta se inició produciendo un cultivador de tracción a sangre (patentado en 1937) que desapareció del mercado con la generalización de la tracción mecánica. Luego, la principal fuente de introducción de innovaciones fue la adaptación de productos importados a las condiciones particulares de las prácticas agronómicas locales, acompañada por un esfuerzo de patentamiento, especialmente durante la década del '70.

La particularidad de este caso es el énfasis en la ingeniería de producto. Aquí se observan los elementos de prueba y error que acompañan a la incertidumbre que rodea al mercado, especialmente en cuanto a la captación de las necesidades del usuario y su reflejo en un producto cuyo precio fuera competitivo.

Para indicar aspectos de su "performance" se analiza en la sección segunda las características de la producción agregada y por familias de productos. Posteriormente, se examina la naturaleza del mercado y la importancia de un grupo seleccionado de establecimientos. Luego, se estudian las horas directas, su evolución y composición por departamento, y se presentan índices de productividad de la mano de obra directa, analizándose su evolución. La sección tercera se dedica a investigar la evolución de las innovaciones en productos identificando para ello "familias" seleccionadas de equipos de siembra y roturación, donde el aprendizaje a través de éxitos y fracasos parece más marcado, proveyéndose algunas hipótesis explicativas. La última sección resume las principales conclusiones de esta investigación.

2. Producción e insumos

2.1. Producción total y por familias de productos

La estimación de la evolución trimestral de la producción total de la empresa fue

[78] La presente constituye una versión abreviada del estudio presentado por J. Berlinski y publicado como "Innovaciones en productos y aprendizaje. (El caso de una planta argentina de implementos agrícolas)", *Monografía de Trabajo Nº 60,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1982.

realizada para el período comprendido entre principios del año 1969 y fines de 1980, lapso fijado por la disponibilidad de información[79]. Si en dichas estimaciones de producción se eliminan algunos de los valores extremos del tercer trimestre de 1977 pueden dibujarse dos niveles, uno correspondiente al período inicial hasta fines de 1972 y el otro (excepto los puntos bajos alcanzados a mediados de 1975) hasta principios de 1978, desde donde se regresaría a los niveles de principios de la década del '70, aunque con fluctuaciones más intensas. De cualquier forma, no puede dejar de señalarse el alto valor alcanzado en el tercer trimestre de 1977 que casi duplica el promedio anual logrado en el año 1973. En cuanto a las exportaciones, el destino principal de éstas fueron los países limítrofes. Su nivel fue muy importante, la proporción exportada del valor de producción era sustancialmente más alta que las alcanzadas en plantas similares productoras de implementos agrícolas.

La elección del año base (1973) ha sido, en este caso, particularmente difícil debido a los distintos comportamientos que se están reflejando. Es decir, en el análisis anterior se indicó lo que parece un comportamiento de largo plazo, pero en el corto plazo se encontrarán fuertes fluctuaciones, especialmente la caída de mediados de la década de los años 1970 acompañada por altos picos alcanzados a fines del año 1977 y que, en realidad, compensan los bajos niveles de principios del año 1978. Estas fluctuaciones son el resultado de la interacción de varios fenómenos: a) están afectados por la naturaleza del contexto general y, especialmente, del comportamiento del sector agropecuario; b) en algunos casos coinciden con la introducción de nuevos modelos resultante de una respuesta a las necesidades del usuario o por el aparente requerimiento por parte del productor de introducir novedades para mantener su participación en el mercado. Además, se sumaba el hecho que en la evolución de las innovaciones posteriores a 1973, como se verá más adelante, tendieron a acentuarse los criterios de simplicidad de los modelos de principios de la década.

La particularidad del mercado surge del análisis de algunas cifras correspondientes al último censo (1973). Así, 40 establecimientos seleccionados, ubicados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, sobre un total de 638, representaban un 45 %

[79] Conviene aclarar los métodos de construcción de este índice. El mismo, con base 1973 = 100, proviene de agrupar los productos existentes a principios del año 1969 y los que aparecieron posteriormente de acuerdo a familias de productos, teniendo en cuenta su función desde el punto de vista agronómico. Así, se generaron 12 familias. Dentro de cada una de ellas la agregación se realizó considerando el peso (kg) de cada modelo, especialmente por tratarse de familias con generaciones discontinuas. Es decir, cuando aparecía un modelo desaparecía el anterior. El problema más complejo fue la agregación, partiendo de los índices por familias para obtener el índice de producción total. El índice finalmente elaborado es un Laspeyres con base en 1973 (promedio del año), utilizando para ello los índices individuales por familias en términos de kilogramos valorizados al precio por kilogramo en 1973 de cada uno de los modelos. El método seguido tiene todas las ventajas e inconvenientes de un índice de base fija; así, a las nuevas introducciones se les aplicó el precio de su familia de productos (Véase para una discusión de esta temática Naciones Unidas (1979), "Manual sobre índices de precios de productor para bienes industriales", serie M, Nº 66, especialmente los capítulos VIII "Cambios en las especificaciones de productos" y IX "Bienes Nuevos" y "Manual de cuentas nacionales a precios constantes", serie M, Nº 64, capítulo IV "Cantidad, calidad y volumen"). También se intentó, con información de la firma, construir un índice (a pesos de 1973) tomando los precios de introducción de los nuevos modelos, pero también, como está reflejado en la literatura y en la experiencia, el precio de introducción tiene un elemento de novedad que no corresponde al precio normal. De cualquier forma, debido a las dificultades inherentes en esta deflación y a que el coeficiente de correlación simple entre ambos índices fue de .87, se decidió adoptar el índice agregado Laspeyres con la idea que se estaría subestimando algunos efectos de la introducción de nuevos modelos.

de la ocupación y más del 50 % del valor agregado censal. También, 4 empresas líderes productoras de implementos agrícolas, sobre un total de 19 plantas dedicadas a la misma actividad, producían casi la mitad del valor agregado censal. En esas 4 empresas se concentraban 2/3 del valor de producción de las familias de sembradoras, rastras y arados de rejas o discos. La proliferación de pequeñas unidades de producción es, sin embargo, un lugar común en diversas actividades de la industria metalmecánica argentina[80].

Por su parte, la clasificación realizada con los productos de la planta es mucho más amplia, dado que las familias se formaron considerando la naturaleza de los mismos (roturación o siembra) y la forma de ser llevados por el tractor (de arrastre y montadas). Este último tema parece importante en la historia agronómica argentina porque, siguiendo el ejemplo de otros países, "la maquinaria montada sobre el tractor ha querido ser impuesta a través de varias experiencias y, en casi todos los casos, este afán de generalizar su uso ha traído un detrimento en su utilización, incluso en los casos que ésto resultase adecuado".

En la Familia 1 (arados-rastra) la producción[81] muestra una evolución similar a la descripta para la producción agregada; es decir, se trata de niveles similares al principio y al final del período y un nivel promedio más alto entre estos extremos, acompañado por el valle de mediados de 1975 resultante de las fuertes tensiones sindicales existentes en esa época y un pico correspondiente a mediados de 1973.

En la evolución de la producción de la Familia 2 (sembradoras de granos gruesos) el índice refleja una gran fluctuación estacional, coincidiendo este período con el inmediato anterior a la siembra. En estas fuertes fluctuaciones se superponen tanto la estacionalidad como la introducción de nuevos modelos. Dada su importancia, esta Familia será objeto de mayor análisis en la sección 3.

La familia siguiente corresponde a las sembradoras de granos finos. En este caso, si bien la evolución muestra valores extremos de carácter estacional, también podría adaptarse a una meseta con dos niveles: el inicial y final y un nivel en promedio más alto en el período 1972-1977 con el valle ya mencionado de mediados de 1975.

Respecto a la Familia 4 (rastras), su evolución muestra características muy diferentes pues con excepción de un punto muy extremo logrado a principios del año 1973, puede considerarse que se pasa de cierto nivel promedio hasta fines del año 1976 a un promedio superior a partir de entonces hasta mediados del año 1980. En este caso la historia es más compleja por lo que será, también, objeto de un análisis posterior en la sección 3. En estos productos como en los de las Familias 2 y 10 (sembradoras) los elementos de aprendizaje parecen haberse concentrado.

El producto más tradicional de roturación es el correspondiente a la Familia 5 (arados de rejas), donde existe una tendencia creciente hasta principios de 1978 (con el valle de mediados de 1975), a partir de donde tiende a reducirse sustancialmente llegando a niveles más bajos que los correspondientes de principios de la década. El caso de la Familia 6 (arados de discos) es muy parecido al de la Familia 5, aunque su contribución

[80] Ver Berlinski, J., (1979), "Productividad, escala de los establecimientos y exportaciones en actividades de la industria metalmecánica argentina", mimeo. Instituto Torcuato Di Tella, Documento de trabajo Nº 92.

[81] Corresponde, como se ha indicado, a un índice de los respectivos kilogramos de las máquinas producidas.

para la firma no es tan importante. La Familia 7 muestra, a partir de su aparición a fines de 1971, una fuerte estacionalidad correspondiente al último trimestre del año por tratarse de cultivadores. Por su parte, en la evolución de la Familia 8 (rolos) se observan picos ubicados en diversos trimestres del año, pero su tendencia indica dos niveles promedio correspondientes a la primera y segunda mitad de la década, con un nivel más alto en esta última parte.

El caso de la Familia 9 (arados y rastras montados) es interesante debido a su particular característica de ser maquinaria de roturación montada que, "con el impulso de las empresas que trataron de imponerlas, especialmente productoras de tractores", alcanzaron un alto nivel en el período 1971-1974 para declinar, luego, a niveles similares a los de introducción de estos productos a principios de la década. El caso de la Familia 10 es, también, importante por tratarse de una maquinaria montada de siembra, cuya aparición tiene mucho que ver con el proceso innovativo introducido en las sembradoras correspondientes a la Familia 2 (sembradoras de arrastre) ya mencionada, sobre lo que se volverá en la sección 3. Puede verse en su evolución que sus pautas de estacionalidad son similares a los productos de la Familia 2 hasta su desaparición a principios del año 1979.

En conclusión, en las principales familias se observan comportamientos fuertemente estacionales en los productos relacionados con la siembra, mientras que la tendencia en los principales productos de roturación muestra una declinación a niveles similares a los de principios de la década, luego de haber alcanzado elevados niveles de producción en el período intermedio. Esto es lo que, básicamente, conforma el índice agregado en el que la ponderación por los precios relativos por familia no compensa estas principales pautas individuales. Por otra parte, la fuerte discontinuidad observada a partir de 1978 fue resultado, especialmente, de la disminución del contenido de subsidio en las líneas de crédito del Banco de la Nación hacia la actividad agropecuaria[82], tendencia que, si bien ya había comenzado con anterioridad, terminó de consolidarse con la modificación de la ley de entidades financieras que había entrado en vigencia en el último trimestre del año anterior.

2.2. Horas directas de proceso

Si se recuerda la evolución correspondiente a los niveles agregados de producción se verá que la evolución de las horas directas "dibuja" aproximadamente lo acontecido con los primeros, aunque con menor variabilidad. En los niveles de horas directas se encuentran a través del período dos magnitudes: la inicial y final con valores similares y un nivel intermedio más alto correspondiente al período comprendido entre mediados de 1972 y fines de 1977, siempre, por las razones ya apuntadas, con el valle de mediados de 1975.

En lo que concierne a la distribución de estas horas por departamento de la planta, se observa una disminución importante en el departamento de mecanizado, especial-

[82] Ver Berlinski, j., (1973), "El costo del dinero bancario y su impacto regional", Consejo Federal de Inversiones, *Seminario sobre problemas del federalismo en Argentina,* donde para 167 líneas de crédito se estimó que el subsidio implícito (respecto de la tasa de interés comercial) representaba en 1969 el 6 % de las exportaciones agropecuarias.

mente a partir de 1972, debido a una reducción sustancial de tareas preliminares en piezas especialmente de fundición. Ello fue resultante de una mayor presión sobre los proveedores a los cuales se transfirió, en alguna medida, el mayor costo que esta tarea previa involucraba. Se ve, además, que alrededor del 90 % de las horas directas corresponde a los departamentos de Forjado, Maquinado, Soldadura y Montaje, proporción que se mantuvo más o menos estable a lo largo de la década.

2.3. Productividad de la mano de obra directa

Se estimó, en primer lugar, un índice trimestral de productividad de la mano de obra directa como resultado de comparar el índice agregado de producción a precios de 1973 con las horas directas. Si se toma el período 1969-1977 se observará una tendencia creciente con intensas fluctuaciones resultantes de la introducción de nuevos modelos (1974), fuertes tensiones sindicales (1975) o euforia relacionada con la tregua de precios y eventual disminución del subsidio en las tasas de interés (1977). Así, tanto los altos valores del índice obtenidos en 1974 y 1977 de 132 y 164 respectivamente (base 1973 = 100) como la caída de 1975 (65) corresponden a la asimetría en el crecimiento del volumen físico de la producción respecto de las horas directas. A partir de 1978, luego de una discontinuidad pronunciada en el nivel de producción, la recuperación en los niveles de productividad de dicho año y del segundo semestre del año 1979 son consecuencia, también, de crecimientos en el nivel de producción relacionados con innovaciones de productos correspondientes a las familias de sembradoras de granos gruesos y rastras. A partir de este último año (1979) se vuelve a niveles de productividad de la mano de obra directa similares a los alcanzados a principios de la década.

2.4. Características del proceso

Para caracterizar el proceso, se efectuaron en primer lugar estimaciones de intensidad de capital para 7 departamentos de la planta. A tal efecto se realizó un inventario de las máquinas que actualmente componen cada uno de los mismos computando los H.P. correspondientes. El resultado indica que en los departamentos de Forjado, Maquinado y Soldadura se concentra el 85 % de los H.P. instalados en la firma, mientras que los mismos ocupan el 65 % de las horas directas (promedio de 1977). Así, estos tres departamentos toman valores relativos de intensidad de capital superiores al promedio.

Con el objeto de indicar la importancia del parque de máquinas de la planta dentro de su contexto, resultó de interés realizar una comparación con las correspondientes a 29 establecimientos encuestados a fines de 1976 por Sabatte[83]. Surge de la misma que la planta analizada presenta una proporción mayor que el promedio en máquinas que actúan por "deformación" respecto de las de "arranque de viruta". En cuanto a las primeras le corresponde una alta proporción tanto en balancines como en prensas de fricción; respecto de las segundas las proporciones más altas corresponden a sierras abrasivas,

[83] Sabatte, E. C. J. A., (1977), "La industria de la maquinaria agrícola y agroindustrial en la provincia de Santa Fe (República Argentina), Organización de Estados Americanos, cuadro Nº 3.5., pág. 37-38.

tornos revólver y copiadores, fresadoras y brochadoras. Lo cual si bien confirma la importancia de esta planta, no es un índice suficiente del grado de eficiencia en el uso de factores.

Una de las características del proceso en esta planta corresponde a la producción en series cortas, ésto se reflejaría en el tiempo que requiere la preparación de máquinas. Por tal motivo, se computó este índice que indica para el período 1978-1980 un elevado tiempo relativo de preparación de máquinas en los departamentos de Forjado, Chapería y Cortado.

Otra dimensión del proceso concierne a los insumos, el más importante de éstos es la chapa de acero, "si se quiere salir de la chapa comercial (SAE 1010) e ir a otra de mayor resistencia se requiere adquirir un tonelaje alto que ninguna de las fábricas de maquinaria agrícola está en condiciones de demandar, por eso se usa la chapa mencionada con un espesor mayor". Otro aspecto es el referente a la disponibilidad de materiales, por ejemplo: "para obtener un tubo cuadrado se sueldan dos perfiles en U". Estos problemas redundan en una mayor robustez y peso de las piezas y, por ende, de las máquinas[84].

Respecto de la interrelación entre innovaciones en productos y su efecto en el proceso: "en términos generales, el desarrollo de nuevos productos tenía como restricción el parque de máquinas existente"[85]. En caso contrario la decisión de producción o subcontratación dependía de la cantidad de piezas, "por ejemplo, las primeras cajas de velocidad (en dos modelos de sembradoras) fueron hechas en la planta. Luego, debido al aumento en el volumen de producción se derivaron a proveedores"[86], decisión que parece determinada por la alta intensidad de capital del proyecto alternativo de producción interna. Estas pautas de subcontratación han sido las predominantes en los períodos de auge, "los trabajos de terceros llegaron a altos niveles de importancia en 1977 y en orden decreciente en 1973 y 1976". Es decir, la introducción de nuevos modelos afectó, predominantemente, el proceso "a través de los cambios que tuvieron lugar en matrices, modelos de soldadura y herramental para adaptarse a los nuevos diseños".

En la próxima sección, luego de analizar la evolución de las innovaciones en productos seleccionados, se presenta información sobre los cambios inducidos en el proceso, con lo que pudo darse mayor contenido a algunos puntos del párrafo anterior.

3. Innovaciones en productos y aprendizaje

3.1. Evolución de las innovaciones en familias de productos seleccionadas

El análisis de la información correspondiente a las diversas familias de productos (punto 2.1.) muestra que el efecto "novedad" en la introducción de modelos, tiene un impacto significativo sobre el volumen físico de la producción. Por ese motivo, es intere-

[84] Aspectos también señalados en Sabatte, E. C. J. A., op. cit. y en Gasparetto, E., (1980), "Diagnóstico de la industria de la maquinaria agrícola en la Provincia de Santa Fe", ONUDI.

[85] Esta restricción implicó en algunos casos la decisión de minimizar el número de piezas a modificar del modelo inmediato anterior.

[86] Pautas similares correspondieron a la oferta de engranajes donde, además, debido a la presente retracción en el nivel de actividad han vuelto a producirse internamente.

sante indicar las épocas en las cuales se introducen innovaciones en las familias más importantes.

El cuadro 4.1. presenta tal información correspondiente a la década del 70. El mismo evidencia que existen dos períodos: uno correspondiente al primer quinquenio y el otro, al segundo. Además, los esfuerzos innovativos se centraron especialmente en familias de productos que la empresa estaba elaborando con anterioridad a 1969. Se trata de las familias 1 a 6, que representaban la mayor parte de la producción de principios del período. Corresponde destacar, también, la importancia de las Familias 2 y 3 (sembradoras) y 4 (rastras).

Esta planta inicia la década del '70 produciendo artículos de alta aceptación en el mercado. La hipótesis sugerida es que su esfuerzo innovativo en la ingeniería de producto se canaliza, durante la primer parte de la década, influída más por el lado de la producción, mientras que en el segundo período aumenta la importancia asignada a la demanda. Antes de pasar a fundamentar esta hipótesis, es conveniente indicar que el contacto que esta empresa tiene con el usuario es a través de una red de concesionarios. Esto agrega una dificultad adicional a "la definición de las necesidades del usuario", ya que éstas son interpretadas y transmitidas por el concesionario al gerente de ventas y por éste a la ingeniería de producto. En la segunda parte del decenio, sin embargo, a pesar de mantenerse la misma estructura de comercialización, el esfuerzo de dicha ingeniería tomó más sistemáticamente en consideración las necesidades agronómicas del usuario[87].

Debe tenerse en consideración, además, que en términos de organización industrial, la situación que se enfrenta es de competencia entre pocos, por una parte muy importante del mercado. Estos, que son los líderes, fijan las pautas de precio y calidad. Esta competencia hace que la introducción de nuevos productos, promovida tanto por su excelencia técnica como por un despliegue de propaganda, afecte la participación de los competidores en el mercado. En tal sentido, la introducción de un nuevo producto crea dos incertidumbres: una, el impacto del nuevo bien en el mercado y, otra, la reacción de los competidores[88].

El cuadro 4.1. provee información no sólo de la época de introducción de las nuevas versiones sino, también, de las patentes registradas después de 1969. Puede verse en el mismo que en la concentración de patentes que tiene lugar en 1973 hay dos ligadas a la Familia 2 (sembradoras de granos gruesos) y una respectivamente a la 4 (rastras), 9 (arados y rastras montadas) y 10 (sembradores montados). Posteriormente, en 1978 hay una adición en las Familias 2 y 3 (sembradoras de granos gruesos y finos) y, en 1980, otra en la Familia 2. En esta última familia se registró el mayor número de patentes y, por eso, va a ser usada como una de las representativas del proceso de aprendizaje. De la

[87] Sobre el mayor éxito comercial de proyectos de innovación que consideran predominantemente las necesidades del usuario véase la síntesis de Von Hippel, E., (1976), "The dominant role of users in the scientific instrument innovation process", *Research Policy,* Julio; apoyado en los trabajos de Utterback, J., (1974), "Innovation in Industry and the Diffusion of Technology", *Science,* Febrero y Achilladelis, et. al., (1971), *Project SAPHO. A study of success and failure in Industrial Innovation,* vol. I, Center for the study of Industrial Innovation, Londres.

[88] Se siguen en ésto la clasificación sugerida por Klein, B. H., "The slowdown in productivity advances: a dynamic explanation" en Hill, Ch. T. y Utterback, J. M., (Editores), (1979). *Technological innovation for a Dynamic Economy,* Pergamon Press. Por su parte, en Teubal, M., "On user needs and need determination: aspects of the theory of technological innovation" en Baker, M. J., (1979), *Industrial Innovation: technology, policy, diffusion,* Mac Millan, se sugiere agregar en la primer incertidumbre la del usuario concerniente a la calidad del producto.

CUADRO 4.1

Evolución de las innovaciones desde 1969 en familias de productos seleccionados (Introducción de nuevas versiones y patentes)

Familia / Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anterior a 1969	2	4	11	3	14	5		1		
1970									6,7,8	
1971							16			
1972			19						9	13
1973		(2)		(1)	17				(1)	(1)
1974		23		22						
1975				24						
1976						25				
1977							28			
1978		(1)	(1)	27						
1979		31		30						
1980		36	(1)	37				32		

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa. Corresponde al año de iniciación de su producción comercial. El número de patentes se indica entre paréntesis. Los números de productos de este cuadro surgen de recodificar los respectivos números comerciales. Las familias son las siguientes: 1) Arados-rastra; 2) Sembradoras de granos gruesos; 3) Sembradoras de granos finos; 4) Rastras; 5) Arados rejas; 6) Arados discos; 7) Cultivadores; 8) Rolos; 9) Arados y rastras montados; 10) Sembrados montados.

misma forma, aunque con menor número de patentamiento por tratarse de un producto más convencional, se encuentran los productos de la Familia 4. Así, se completa el grupo de familias seleccionadas para analizar la evolución de sus innovaciones.

Se realizó una investigación detallada de las innovaciones en productos de las Familias 2 y 10. En la misma se analizó la evolución a través del tiempo de los distintos modelos de sembradoras tomando en cuenta, para cada producto, sus conjuntos y subconjuntos más importantes: bastidor, mecanismo de levante y profundidad, marcadores, tren cinemático, depósito de semillas, cuerpo sembrador y accesorios. Analizada la importancia relativa de los conjuntos, la mayor parte corresponde al cuerpo sembrador (alrededor de 50 % del costo). Este está formado por varios subconjuntos entre los cuales el de mayor incidencia corresponde al dosificador de semillas[89].

La función de una sembradora de granos gruesos es tomar una semilla por vez y depositarla en el fondo del surco. Como estos granos son cultivos de verano (maíz, sorgo, girasol, soja, etc.) "están necesitados de agua, nutriente y luz". "Por esta razón deben estar separados a una distancia determinada, tratando de que ésta sea uniforme, de lo contrario se produce desarrollo de malezas y desaprovechamiento del terreno". "Las sembradoras tienden a evolucionar a través de los años para mejorar la distribución de los granos sobre la línea, el ancho de labor y la calidad de la profundidad. Se le agregan, también, una serie de accesorios tales como tolvas fertilizantes y elementos para compactar la semilla".

La sembradora S/N[90] es la más antigua fabricada por la planta. "Se asemejaba mucho a la de tracción a sangre, sus elementos (dosificador, etc.) eran muy rudimentarios

[89] Estas proporciones corresponden al modelo más reciente.

[90] La numeración de los productos surgió de recodificar los respectivos números comerciales.

y trabajaba a una velocidad baja (3 ó 4 km por hora). A pesar de ello, se obtenía una siembra medianamente buena pero con grandes defectos, por ejemplo: pasaban varias semillas juntas debido tanto a la sembradora como a la semilla".

"Influidos por la evolución en el mercado", de la sembradora S/N se pasó a la 4 con el objeto de mejorar la uniformidad de siembra. Al mismo tiempo, con el desarrollo de los híbridos se mejoraron la calidad y tamaño de las semillas. "El INTA[91] insistió en la importancia de la calidad de siembra. En un trabajo donde se hace una evaluación de la contribución de cada una de las técnicas al incremento del rentimiento en el cultivo de maíz, a la calidad de distribución de los granos le correspondió un 10/12 %".

"Como resultado de ello, casi todas las marcas cambiaron sus modelos de sembradoras y aparecieron las llamadas tolvas bajas". La sembradora S/N tenía por cada cuerpo sembrador un depósito colocado sobre el chasis y un tubo de descarga inclinado, redondo, "donde la semilla recorría un largo trayecto aumentando el riesgo de rebote sobre el suelo. En la 4, como en las demás marcas, se bajaron las toldas para que estuvieran más cerca del suelo. La caída se hizo más vertical y los tubos pasaron a ser de sección rectangular para evitar que el grano entrara en turbulencia".

Por su parte, la profundidad deseada se logra a través de la penetración de un abresurcos en el suelo. Por ello, es importante que éste se adapte a la forma del terreno y lo "copie" lo mejor posible. En la máquina 4 la tolva siguió siendo individual e independiente del abresurcos, pues estaba sostenida por otros elementos al bastidor. "El abresurcos oscilaba verticalmente con independencia del peso de la tolva, pero al variar la distancia de esta última al surco, producía irregularidad en la distancia entre granos". Así, se mejoró la calidad de la profundidad pero se desmejoró la uniformidad en la distancia entre granos. "No obstante esto era un avance".

"A partir de entonces, comenzó una gran competencia en todo el país por la sembradora de granos gruesos". Es así como esta firma introdujo en 1974 otra nueva versión: la 23, que reemplazó a la 4 con el objeto de incrementar la calidad de distribución y la velocidad. "En ese momento se podía alcanzar hasta 5 km por hora para lograr una siembra medianamente bien distribuida. Sin embargo, se trabajaba a 6 ó 7 km por hora en desmedro de la uniformidad de siembra". Con la 23 apareció un nuevo concepto: el tubo de descarga de semillas pasó a ser lateral (patentado). "Esto permitía trabajar a mayor velocidad de avance, disminuyendo los rebotes del grano. Se incorporaron, además, ruedas compactadoras de semillas para asegurar que el grano pudiera germinar bien". También, se introdujo una caja de velocidades para variar la densidad de siembra. Las tolvas se colocaron sobre el cuerpo sembrador con lo que su peso variable afectaba la profundidad. "Este producto, si bien superaba la capacidad de siembra de los anteriores debido al tubo de descarga lateral, no ganó mercado, lo cual puede deberse a que era una máquina con elementos mecánicos complejos que exigían muy buen ajuste, buen uso y conocimiento por parte del productor". Es decir, requería mayor mantenimiento y, seguramente, mayor calificación del operario.

"Por ello, se evaluó a través de encuestas a concesionarios, usuarios y visitas a técnicos y productores la introducción de una nueva versión, detectándose la necesidad de producir una máquina más simple". Así, se pasó al modelo llamado 31 "dominado por el criterio de simplicidad, adoptándose, además, una tolva única (patentada) ubicada

[91] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

sobre el bastidor, con lo cual al mismo tiempo que se aumentó la autonomía de siembra se lograba mayor uniformidad en la profundidad al eliminar el peso de la tolva sobre el abresurcos". Luego, se introdujo una versión neumática. A través de un acuerdo con una planta francesa se adaptó su dosificador neumático al modelo 31. "La razón importante para usar la versión neumática es el movimiento más suave de la semilla, especialmente de granos más delicados (girasol, soja, maní)". Este modelo introduce otra novedad: un equipo adicional para transformarlo en sembradora de granos finos, permitiendo al productor de pequeñas extensiones aumentar el grado de utilización de la máquina.

Se observa que la evolución de las distintas versiones de las sembradoras de granos gruesos tiende hacia una mayor simplificación de los mecanismos, luego de alcanzar un nivel de complejidad considerable en el modelo 23. Las características más destacadas se encuentran en el cuerpo sembrador y en el tren cinemático. En este último, lo más notable de la versión 23, era la caja de velocidades que permitía cambiar la densidad de siembra requerida por la naturaleza del cultivo sin afectar la velocidad de desplazamiento de la máquina. La simplificidad llegó a tal punto en la última versión que para lograr los cambios en la densidad se recurre a un recambio manual de engranajes.

El logro de una mayor uniformidad de siembra y profundidad recuerda el planteo de Rosenberg referente a las secuencias compulsivas[92], como un fenómeno propio de todo sistema interdependiente. Es decir, en la primera versión los depósitos individuales se encontraban sobre el bastidor, por lo tanto la caída de la semilla se hacía por un tubo de descarga largo y cilíndrico, con los problemas ya planteados. En la versión siguiente se disminuyó la distancia de caída del grano bajando las tolvas pero sujetándolas al bastidor. Así, se afectaba la densidad de siembra debido a que las oscilaciones del abresurcos (por las imperfecciones del terreno) hacían variar la distancia entre éste y la tolva. Por tal motivo, en la versión siguiente se decidió poner los tachos sobre el abresurcos, lo que si bien permitiría mantener una distancia fija de caída del grano, mejorando la uniformidad de siembra, afectaba la profundidad por el peso variable de las tolvas. En esta versión se patenta un sistema de caída lateral de los granos para obtener una siembra más uniforme y, en la última versión, se logra mejorar la uniformidad de siembra y profundidad, trasladando el peso de las semillas a un depósito principal colocado sobre el bastidor, conectado a cada uno de los cuerpos sembradores.

Por último, considerando que la demanda por maquinaria agrícola (sembradoras en este caso) es derivada de la demanda por innovaciones del sector agropecuario, se ha adoptado la clasificación[93] de estas últimas en mecánicas, biológicas, químicas y agronómicas. De la comparación de las dos primeras, surgiría que las mecánicas aumentan la relación Capital/Tierra y Capital/Trabajo en mayor proporción que las correspondientes a las innovaciones biológicas, pero las mecánicas implican, también, una sustitución adicional: menor manejo de "línea" por mayor de "staff" (por unidad de tierra) contra cero efecto en las biológicas.

En el caso argentino las innovaciones biológicas (híbridos de maíz y sorgo) caracterizaron el crecimiento de la cerealicultura desde mediados de la década de los años sesenta. Las características de esta innovación fueron su bajo costo y la no necesidad de

[92] Rosenberg, N., (1976), "The direction of technical change: inducement mechanisms and focusing devices", en *Perspectives on technology*. Cambridge University Press.

[93] Ver De Janvry, A. y Martinez, J. C., (1972), "Inducción de innovaciones y desarrollo agropecuario argentino", *Economica*, mayo-agosto.

alterar el sistema de producción extensiva[94, 95]. Por tal motivo, podría sostenerse que la difusión de ideas sobre "uniformidad de siembra" que se observa contemporáneamente a la introducción de los productos 4 y especialmente 23, fueron inducidos por el lado de la demanda debido al desarrollo de los híbridos. Es decir, respondió, por un lado, al mayor costo de la nueva semilla y, por otro, al mayor ingreso que generó para el agricultor. Por el lado de la oferta de maquinaria, la legislación de patentes permitió proveer una cobertura contra "replicadores" favoreciendo la tarea innovativa.

En cuanto al análisis correspondiente a la evolución de las innovaciones en productos de la Familia 4 (rastras), se trata de un producto mucho más simple que el anterior, su parte más importante está constituida por el bastidor y lanza y el tren de discos. Sin embargo, hay un fenómeno adicional de gran importancia constituido por los rodamientos, dado que la estructura de costos varía sensiblemente según sean éstos a buje o bolillero. Esto se ha reflejado en la importancia porcentual de los conjuntos, donde los rodamientos pueden pasar de un 15 % a un 40 %[96] debido al alto costo de los bolilleros que proveen "seguridad y menor mantenimiento". La aplicación de estos bolilleros constituye un desarrollo propio de la empresa que, en 1965, se registró como obra inédita en el Registro de Propiedad Intelectual.

La primera rastra producida, que no figura en el cuadro, era de doble acción pero no transportable. La que se tomó como punto de partida es la 3 del año 1968. "La agresividad de las rastras está dada por su peso y el ángulo de ataque de los discos, por lo que se encuentran desde rastras livianas hasta extra pesadas, de acuerdo a los distintos usos agronómicos". Como consecuencia de exportaciones al Paraguay, donde las condiciones particulares del suelo exigían un trabajo pesado y rústico, se introdujeron amortiguadores individuales en el tren de discos que anteriormente era rígido. Esta característica se mantuvo en la versión posterior e incluso en la versión 24.

Esta última (24) es otro típico representante de la influencia de la oferta sobre la ingeniería de producto, característica de la primera parte del decenio. Véase la secuencia: "se introdujo el modelo 24 con la idea de que fuese una rastra mediana (1.450 kg), pero que cumpliera funciones de una pesada". "Se puede decir que el objetivo se cumplió pero, en determinadas condiciones de trabajo, los discos se rompían. Por tal motivo, se aumentó el diámetro de los soportes de los carreteles para que aquéllos tuvieran una mayor base de apoyo. Los discos comenzaron a soportar, así, mayores esfuerzos, por lo que se requirió luego reforzar el resto de la máquina". Así se arribó a la versión final de 2.000 kg[97]. La influencia de la oferta se reflejó en un producto de uso más general, pensado para captar incluso mercados marginales. Esto, si bien permitiría obtener mayores economías de escala, implicaba en cierta medida negar la especificidad de las necesidades del usuario.

94 Piñeiro, M. E., (1975), "Una interpretación sobre las causas del crecimiento relativo de la agricultura Pampeana durante el período 1960-73", Departamento de Economía del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

95 El énfasis del INTA en estas innovaciones biológicas surge claramente del presupuesto correspondiente a 1969 donde, por ejemplo, los programas de maíz y sorgos insumían el 4,6 % del presupuesto y el 11,4 % de los técnicos, mientras que para maquinaria agrícola las respectivas proporciones eran inferiores al 1 %. Ver cuadro III.12 en Oszlak, O. y otros, (1971), "Determinación de objetivos y asignación de recursos en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Un análisis crítico". Instituto Torcuato Di Telia, Centro de Investigaciones en Administración Pública.

96 Corresponde a la última versión (modelo 30), excluye los discos.

97 Se vuelve a las llamadas secuencias compulsivas (ver Rosenberg, N., op. cit.).

Luego de esta experiencia y de "observar el comportamiento de los competidores en las mayores franjas del mercado", se introdujo una rastra liviana de 1.150 kg (versión 27) con un tren de discos rígido que reemplazaba al flotante pues "no era un elemento valorado por el mercado" y así, al igual que en las sembradoras, se pasó a un período de mayor simplicidad. Esta rastra resultó "de rápida aceptación en el mercado", situación similar a la que se dio luego con la introducción de una rastra mediana del mismo tipo (versión 30).

Otro aspecto de gran interés, respecto del proceso, concierne al grado de integración hacia atrás dentro de la planta en los productos de las familias analizadas. En el caso de las sembradoras, casi todas las partes se realizaban dentro de la planta, con las siguientes excepciones: en el caso de los marcadores, los correspondientes discos y en el caso del tren cinemático, se adquirían los engranajes que representaban, en la última versión, aproximadamente un 75 % del costo de este conjunto. Se recordará que la versión inmediata anterior tenía una caja de velocidades que, junto con los engranajes, era también comprada. Esta caja fue diseñada en la planta, donde se fabricó el prototipo y, luego, elaborada por proveedores. Es decir, desde el punto de vista de la integración hacia atrás, pasar de la versión 23 a las 31 implicó aumentar la integración dentro de la planta. Por su parte, en la familia de rastras ocurre un fenómeno diferente: el bolillero no se produce en la planta y su costo representa alrededor del 60 % del correspondiente al rodamiento; a ésto se le debe adicionar el costo de los respectivos discos. Tal situación permaneció, prácticamente, sino modificaciones desde el modelo 3, excepto por la alternativa de rodamiento a buje introducida en la versión 27.

En síntesis, la actividad innovativa de la planta analizada podría encuadrarse dentro de los paradigmas enunciados por Von Hippel[98]. Por un lado, el correspondiente a la evolución de las innovaciones en productos donde parece aplicarse lo que el autor denomina un "productor-activo". Este último encuesta a usuarios para obtener datos sobre sus necesidades, los analiza, desarrolla un producto-idea y lo somete a test. Asimismo, en el caso que nos ocupa, las "necesidades del usuario" han tenido mayor eco en la ingeniería de producto durante la segunda parte de la década del '70, aunque no se obtuvo información sobre el "contenido de solución" de los mensajes del usuario. Por otro lado, en lo que a insumos se refiere (especialmente engranajes, bolilleros, caja de velocidades), parece adecuarse al paradigma del "usuario-activo". En el mismo, el usuario percibe la necesidad de la innovación, inventa el producto adecuado, construye un prototipo, lo prueba y difunde información sobre el mismo. Sólo entonces el productor entrará a jugar su papel. De cualquier forma, ambos paradigmas representan casos extremos respecto del grado de "compromiso" del usuario en el proceso innovativo.

3.2. Indicadores de costos y precios

En el punto 2.4. se realizaron algunas apreciaciones sobre la relación entre innovaciones en productos y su impacto en el proceso, por ello pareció adecuado generar indicadores sobre la evolución de este último en productos de las familias seleccionadas. Una primera aproximación consistió en analizar la evolución del índice de horas standard

[98] Ver Von Hippel, E., (1976), op. cit. y (1978), "A customer active paradigm for industrial product idea generation", *Research Policy*, julio.

CUADRO 4.2

Evolución de las horas standard de proceso por departamento en innovaciones de productos de las familias de sembradoras y rastras (Indices productos 23 y 24 = 100)

Departamentos	1	2	3	4	7
Familias 2 y 10 (sembradoras) Productos:					
4	88,5	72,5	52,3	57,2	50,3
13	85,8	71,9	73,0	90,4	68,0
23	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
31	80,9	83,0	93,7	97,4	71,7
Familia 4 (rastras) Productos:					
3	107,5	54,2	42,9	....	82,3
24	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
27	51,1	47,6	49,7	55,3	33,8
30	62,1	54,8	63,4	89,8	77,2

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa. Los departamentos son los siguientes: 1) Forjado; 2) Maquinado; 3) Soldadura; 4) Chapería; 7) Cortado.

directas de la planta en cada uno de los modelos, con base en las versiones 23 y 24 respectivamente. Así, mientras que la primer sembradora implicaba un índice relativo de 40, en la versión siguiente se pasa a un nivel de 60, lográndose el punto más alto en la número 23 con 100, para descender, en la última, al nivel de 90. Algo parecido aunque más simétrico ocurrió con las rastras, donde desde un índice de 60 en la versión 3 se llega a 100 en el modelo 24 para descender al nivel inmediato anterior en el último caso considerado. Un indicador complementario del aumento de complejidad del proceso entre los modelos 4 y 23 (sembradoras) lo constituye el incremento del 70 % en las piezas procesadas dentro de la planta comparado con casi ningún cambio en las versiones contemporáneas de rastras (números 3 y 24). Sin embargo, en todos los casos la concentración del tiempo standard en pocos ítems es alta, ya que sólo 10 ítems (sobre 80 a 160 según el caso) representan la mitad del tiempo total (excluído el correspondiente al montaje de conjuntos).

Dada la importancia de las modificaciones indicadas en el párrafo anterior, pareció relevante intentar una desagregación por departamento de la planta de estos indicadores[99]. Los resultados se presentan en el cuadro 4.2. En sembradoras (Familias 2 y 10) los cambios muestran una cierta asimetría en el descenso (producto 31) dado que permanecen en un nivel superior al correspondiente al punto de partida (versión 4), especialmente en los departamentos de Maquinado, Soldadura, Chapería y Cortado. Estos resultados son compatibles con lo argumentado en la sección anterior respecto al carácter restrictivo de las modificaciones en el proceso resultante de innovaciones en productos. Por su parte, en rastras se observa una mayor simetría en la evolución de las horas standard por departamento que acompañó a las innovaciones en productos. Así,

[99] Los datos de horas standard correspondientes a los modelos no producidos actualmente pudieron reconstruirse a partir de un despiece de los mismos.

en los últimos modelos se vuelve a niveles similares a los de la versión 3. Una excepción notable en el caso de rastras lo constituye el departamento de Forjado.

Es decir, si el desarrollo de nuevos productos tenía como restricción el parque de máquinas existente es razonable esperar, en productos de una mayor complejidad operativa como las sembradoras, una mayor similitud con el tiempo standard del modelo inmediato anterior. Especialmente porque tal actitud restrictiva implicó minimizar, en algunos casos, el número de piezas a modificar entre dos versiones. No puede dejar de señalarse como explicación complementaria, el efecto de una mayor experiencia en el uso de materiales y dispositivos y su reflejo en la utilización continuada de innovaciones que probaron ser "exitosas" en la versión inmediata anterior.

En la sección 2 del trabajo, se formularon algunas hipótesis sobre las fuertes fluctuaciones del nivel de producción de la planta analizada. Las mismas resultaban de la interacción de varios fenómenos: estaban afectadas por la naturaleza del contexto general y del sector agropecuario, en algunos casos coincidía con la introducción de nuevos modelos como respuesta a necesidades del usuario o como requerimiento para mantener la participación de la firma en el mercado. Asimismo, se reforzaba este último aspecto a través de estimaciones de la elevada participación de un grupo de cuatro plantas (incluída la analizada) respecto de una muestra de 19 establecimientos productores de implementos similares.

Corresponde tener presente aquí que en la producción de implementos de roturación y siembra existe una protección "natural" resultante de las características del suelo y de las prácticas agrícolas locales. Por tal motivo, debido al elevado costo de entrada, subsisten por el lado de la oferta formas de competencia imperfecta, las que parecen predominar, especialmente, en productos donde los cambios en la información técnica parecen resultar una condición necesaria para mantener la participación en el mercado.

CUADRO 4.3

Precios relativos en productos de las familias de sembradoras (Fam. 2) y rastras (Fam. 4) (Indice 1973 = 100)

Año	(1) Precio relativo ($ Fam. 2/$ Fam. 4)	(2) Peso relativo (kg Fam. 2/kg Fam. 4)	(3) Precio relativo ajustado (1) ÷ (3)
1969	107,1	100,0	107,1
1970	123,1	100,0	123,1
1971	119,4	100,0	119,4
1972	106,2	100,0	106,2
1973	100,0	100,0	100,0
1974	146,8	108,1	135,8
1975	101,6	91,3	111,3
1976	105,3	91,3	115,3
1977	119,0	91,3	130,3
1978	183,2	158,9	115,3
1979	158,5	115,0	137,8
1980	185,1	114,4	161,8

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa. Se trata de un índice Laspeyres con base en el promedio de 1973. Los precios y pesos (kg) de la Familia 4 en 1979 y 1980 son un promedio ponderado de los valores correspondientes a los productos 27 y 30.

Para proveer una mayor aproximación empírica sobre esta hipótesis se computó para el período 1969 a 1980, tomando valores mensuales de producción y precios, un índice de precios Laspeyres con base en 1973 correspondiente a las familias de sembradoras de granos gruesos y rastras. La idea fue reflejar con estos índices morfologías de mercados diferentes dadas por las características del producto. Los resultados se encuentran en el cuadro 4.3. Como se recordará, en la Familia 2 (sembradoras) se introducen innovaciones en 1974 y en 1979, mientras en la Familia 4 (rastras) las mismas corresponden a los años 1974, 1975, 1978 y 1979. Por su parte, el mercado de rastras es más competitivo que el correspondiente a sembradoras, por lo que el índice de precios relativos muestra claros saltos impulsados por variaciones en el precio de introducción de las nuevas sembradoras cuyos datos fueron tomados en el numerador. Debido a la elevada variación observada en el peso de las rastras, se ha computado también (columna 3) un índice ajustado por el cambio relativo en el peso (kg) de las máquinas cuyo comportamiento es congruente con lo descripto anteriormente.

De tal manera, en el caso de la Familia 2, la mayor competencia entre pocos por una parte sustancial del mercado está acompañada por un mayor esfuerzo innovativo. Es decir, en este caso un aparente mayor beneficio se correspondería con un mayor esfuerzo de experimentación, ensayo y desarrollo. En cuanto a los productos, a juzgar por la evaluación efectuada por el INTA dentro del marco de CODEMA, se trataría de sembradoras con alta calidad de prestaciones (ver punto 3.3.) por lo que se revertiría al usuario parte de este mayor beneficio.

3.3. Las necesidades del usuario y el contexto[100]

En el punto dedicado a la evolución de las innovaciones de la firma analizada, se planteó su relación con los condicionantes e incentivos internos y externos. En este caso, el contexto especialmente el correspondiente al papel del INTA habría actuado como un determinante de importancia. El INTA puede asociarse a la difusión de criterios, como el de uniformidad de siembra, que afectaron el esfuerzo innovativo de una parte sustancial de los fabricantes de sembradoras. Respecto de su acción concreta de incentivo a la innovación tecnológica en la fabricación de maquinaria agrícola, quisieran destacarse dos hechos: en la década anterior el concurso de uniformidad de siembra de maíz y a fines de los 70's los ensayos de maquinaria como producto de la creación de la comisión para el desarrollo de la maquinaria agrícola (CODEMA), en la cual el INTA se encuentra asociada.

La importancia de la acción del INTA surge de la característica de bien público que tiene en general la innovación tecnológica en el sector agropecuario. En tal sentido, los aspectos que hacen a la provisión y financiamiento de los bienes públicos son: la determinación de su oferta óptima, el efecto de "derrame" (spillover) sobre otras actividades y, finalmente, la dificultad en cuanto a la revelación de preferencias y su efecto en la asignación del costo de provisión[101].

[100] Se agradece la asistencia de S. Vatnick.

[101] Ver Samuelson, P. A., (1969), "Pure theory of Public Expenditure and Taxation", en Margolis, J. y Guitton, H. (Ed.), *Public Economics.* Este autor es el más claro respecto de otros trabajos presentados en la misma conferencia: Musgrave, R. A., "Provisión of social goods" y Dorfman, R.,

Véanse las tareas específicas realizadas por el INTA y CODEMA a que se hiciera referencia anteriormente. Durante la década de 1960, la difusión del principio de uniformidad de siembra tomó particular importancia[102], reflejándose en el esfuerzo innovativo de los fabricantes de sembradoras de granos gruesos. En tal sentido, en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, se realizó en noviembre de 1967 un concurso de "Uniformidad de Siembra Mécánica de Maíz[103], en el que participaron 15 máquinas sembradoras correspondientes a 12 empresas. Los objetivos buscados fueron múltiples: tomar conocimiento de la eficiencia del parque de sembradoras de maíz, despertar el interés de los productores agropecuarios sobre la importancia de una siembra uniforme, brindar la oportunidad a los fabricantes de sembradoras de maíz para que se ubicaran respecto a su competencia y estimularlos a perfeccionar sus máquinas. Las conclusiones fueron: las sembradoras no lograron la uniformidad de siembra ideal, tampoco obtuvieron el objetivo de plantas por hectárea y no llegaron a la uniformidad requerida de profundidad de siembra. Además, se observó que a medida que aumentaba la velocidad la siembra se hacía menos uniforme y la relación semilla utilizada y germinada indicaba una mayor pérdida de semilla. Finalmente, se instaba a repetir el concurso en el futuro para incentivar el avance tecnológico.

Por su parte, en el mismo espíritu, aunque no como concurso, se creó a fines de 1978 la Comisión para el Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CODEMA). Es una agrupación sin fines de lucro, formada por las Cámaras de Fabricantes del sector, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). CODEMA se originó en la inquietud de los fabricantes de maquinaria agrícola por acelerar el desarrollo de las tecnologías utilizadas, para mejorar y ampliar, así, las prestaciones de sus productos, reduciendo a la vez sus costos. En la primera reunión de CODEMA de fines de 1978, se determinaron sus funciones que consisten en formar subcomisiones de trabajo, asignándoles temas prioritarios. Posteriormente se resolvió encomendar al CIME, del sistema INTI, la realización de un estudio sobre el sector productor de maquinaria agrícola con el fin de establecer su evolución, capacidad y características actuales[104].

Entre otras cosas, la subcomisión de ensayos de CODEMA encargada del grupo de Máquinas para Implantación de Cultivos elaboró normas para ensayos de máquinas sembradoras, tanto en laboratorio como en el campo. Tales ensayos se refieren a: especie y tipo de semillas utilizadas; nivel de granos en las tolvas; regulaciones en cantidad de granos entregados por la máquina; velocidades de avance óptimas, máximas y mínimas; espaciamiento uniforme de entrega de granos. En el caso particular de la empresa que nos ocupa se llevó a cabo en 1981 un ensayo de la máquina sembradora de granos gruesos

---

"General equilibrium with public goods", e incluso respecto de sus propios artículos anteriores: Samuelson, P. A., (1954), "The pure theory of public expenditure"; (1955) "Diagramatic exposition of a theory of public expenditure", *Review of economics and statistics.*

[102] Véase en cuanto a la importancia de los resultados Bakde, S., (1967), "Ciertos aspectos del cultivo del maíz en la región Pampeana", I.D.I.A., septiembre, quien estimó en 10/15 % el incremento asignable a la uniformidad de siembra.

[103] Mattioli, A. J. y Capilouto, V. L., (1968), "Concurso de Uniformidad de Siembra Mecánica de Maíz", INTA, Informe Técnico Nº 83.

[104] Véase CODEMA (1980), "Estudio sobre el sector de fabricantes de maquinaria agrícola, CIME (INTI).

de cinco surcos (identificada en la sección 3.1. como sembradora número 31). Las conclusiones del mismo arrojaron una excepcional autonomía de trabajo, reflejada en un importante incremento en su nivel de operación sin necesidad de una constante reposición de semilla; en tanto que la acción de los surcadores no conformó totalmente desde el punto de vista de una correcta cama de siembra (los azadones deberían ser más anchos). En cuanto al acceso a puntos vitales de la máquina no existían problemas; asimismo, a través de los ensayos de eficiencia a los cuales fue sometido el equipo se observó una total uniformidad en la entrega de granos (excepto en el ensayo dinámico entre dosificadores) con una baja dispersión. La variación entre la densidad de siembra prevista y la efectivamente realizada fue muy baja. Finalmente, tanto en ensayos sobre banco como en siembra en el campo, se comprobó la posibilidad de trabajar con esta sembradora a velocidades de entre 8 y 10 km/hora sin perjuicios aparentes en la implantación y en la integridad de las semillas.

Las experiencias mencionadas tienen en común el objetivo de dar al usuario potencial información "objetiva" sobre las características de las máquinas como para que pueda tomar una decisión adecuada a sus necesidades y recursos. De tal manera, hay una aceptación implícita de que la información proporcionada por el sistema de precios no es suficiente para la toma de decisiones, debiéndose complementar con información al usuario para brindar mayor transparencia al mercado. Respecto de la distribución de su costo, en el sistema actualmente vigente los fondos de financiamiento del INTA provienen del presupuesto nacional por lo que es altamente probable que el resultado sea una inadecuada asignación del mismo a los productores agropecuarios. Anteriormente, si bien no era conocida la demanda relativa de cada productor como para fijarle una participación diferencial en el costo de provisión del servicio, dicha financiación recaía sobre gran parte del sector favorecido mediante un gravámen del 2 % a las exportaciones agropecuarias.

4. Conclusiones

El trabajo tuvo por objeto fundamental analizar la evolución de las innovaciones en productos y el aprendizaje resultante en una planta de implementos agrícolas de roturación y siembra. La particularidad del caso que nos ocupa es su énfasis en la ingeniería de producto.

En primer lugar, se analizó cuantitativamente la producción por familias de productos y luego, se estimó un índice agregado de producción del tipo Laspeyres. El índice mostró en su evolución dos niveles: uno inicial y final similares y otro más alto entre ambos extremos. Por su parte, la evolución por familias mostró características distintas según los productos. En los de siembra su comportamiento fue fuertemente estacional por tratarse de granos de verano o de invierno y en los productos de roturación la tendencia fue similar a la indicada para el índice agregado. Este último comportamiento no es independiente de la disminución del contenido de subsidio en las líneas de crédito de la banca oficial, acentuada a partir de la reforma financiera de fines de 1977. Luego, se analizó la evolución de las horas directas. Las mismas muestran un comportamiento similar al indicador del nivel de producción, aunque con menor variabilidad. También, en esta sección pudo obtenerse una aproximación de la importancia cuantitativa de cada

departamento, mostrándose que a lo largo de la década los de Forjado, Maquinado, Soldadura y Montaje representaron, en forma más o menos estable, alrededor del 90 % de las horas directas de proceso. Relacionando las series de producción y horas directas se midió el nivel de productividad de la mano de obra, observándose que éste "dibuja" con bastante aproximación el comportamiento del índice de producción. Por último, se analizaron algunos indicadores que caracterizan el proceso. Para ello se midió la intensidad de capital de cada uno de los departamentos de la planta, intentándose destacar la importancia del tiempo de preparación de máquinas en procesos con series cortas. Para los departamentos de Forjado, Maquinado, Chapería y Cortado la incidencia de dicho tiempo de preparación era relativamente alta.

Finalmente, la sección 3 estuvo destinada al análisis detallado de la evolución de las innovaciones en familias de productos seleccionadas de siembra y roturación. Esto permitió caracterizar durante la década de los años 70 dos épocas, donde en el segundo quinquenio las "necesidades del usuario" tuvieron mayor eco en la ingeniería de producto. En sembradoras la actividad innovativa fue inducida por la difusión del principio de uniformidad de siembra y la introducción de los híbridos, llegándose a fines del primer quinquenio a un producto complejo que no ganó mercado. Así, en la innovación posterior se acentuó el criterio de simplicidad. Esta evolución resultó similar en la familia de rastras, aunque sus razones parecen diferentes tienen en común la mayor influencia de la "producción" en la ingeniería de producto, que caracteriza las innovaciones de fines del primer quinquenio. Asimismo, la evolución de los distintos conjuntos de las sembradoras y el efecto de modificaciones parciales en las rastras recuerdan la "compulsividad" en las innovaciones propia de un sistema interdependiente. En cuanto a algunas características del proceso en los productos analizados, en ambas familias la evolución del tiempo standard muestra un aumento elevado a fines del primer quinquenio; luego una disminución en la siguiente innovación, congruente con el distinto grado de complejidad de los implementos introducidos. Por su parte, la integración del proceso es alta, especialmente en sembradoras. Al respecto, resultó de interés analizar la secuencia seguida para la subcontratación de ciertos insumos, la que correspondería al paradigma del "usuario-activo", denominándose así a quien desarrolla un nuevo producto y luego selecciona a su proveedor. También tuvo cobertura la incidencia del contexto sobre la innovación tecnológica, especialmente a través de la labor del INTA. En tal sentido, el concurso de uniformidad de siembra (1967) y la comisión para el desarrollo de la maquinaria agrícola (CODEMA, 1978) tuvieron en común la idea de dar información adicional a los usuarios y proveer asesoramiento a los productores para incentivar el cambio técnico. En conclusión, la evolución de las innovaciones en la planta analizada configura una secuencia de indudable interés, destacándose el "aprendizaje" asociado a la prueba y error que acompañan la incertidumbre que rodea la introducción de nuevos productos, especialmente respecto a la captación de las necesidades del usuario y la reacción de los competidores.

CASO Nº 5

UNA PLANTA ARGENTINA DE MOTORES DIESEL[105]

Julio Berlinski

1. Introducción

La planta, objeto de estudio en el presente trabajo, comenzó su actividad en 1961 produciendo un motor de 6 cilindros. En dichos años se procedió a la puesta en marcha del equipo fabril con las primeras líneas de mecanizado de blocks, tapas de cilindros, fabricación de volantes y bancos de prueba. A mediados del 60 se incorporaron al proceso motores de 3 y 4 cilindros y otro de 6 cilindros. En 1967 y 1970 se realizaron sendas ampliaciones del edificio de la fábrica; esta mayor capacidad permitió incorporar en 1969 la línea de producción de árboles de levas y en 1970/71 mejorar las correspondientes a blocks, tapas de cilindros e introducir las líneas de cigüeñales y engranajes. En los años subsiguientes, las inversiones se concentraron en dos tipos de productos: se comenzó con el estudio de un motor de 6 cilindros (fase avanzada de otro ya existente) lanzado al mercado en 1979 y a partir de 1978 se decidió construir un motor de 8 cilindros, que comenzó a utilizarse con fines experimentales a mediados de 1979.

Esta planta se incorporó al régimen especial de motores a combustión interna creado por el Decreto 6691/60, el cual sufrió las modificaciones correspondientes a los Decretos 4808/65 y 3317/79. El régimen original disponía que las fábricas de motores acogidas al mismo deberían estar compuestas como mínimo por instalaciones y equipos para el mecanizado de los blocks y demás partes fundamentales, incluyendo además, instalaciones aptas para análisis, normalización de materias primas, montaje y bancos de pruebas. Las firmas debían presentar planes de producción, indicando las partes del motor importadas y las de producción nacional. El procedimiento consistía en que la Secretaría de Industria determinaba los valores CIF de cada tipo de motor y de cada parte o grupo de partes constituyentes, los que servían para determinar los montos de importaciones con franquicias; además, los impuestos de importación se calculaban tomando como mínimos estos valores CIF (precio oficial). El porcentaje de importación autorizado, respecto del valor CIF, fluctuaba entre 35 % y 45 % según la potencia (CV) de los motores producidos, el que disminuía en el cuarto año al 20 %. Además, las plantas que se comprometían a superar en el primer año los coeficientes de integración indicados anteriormente, podrían fijar el número de unidades que producirían en cada una de las categorías. En caso contrario, deberían ajustarse a los límites de producción fijados por la Secretaría de Industria.

Es decir, por un lado, la definición de establecimiento productor como aquél que mecaniza el block y las partes fundamentales del motor y, por otro lado, los elevados porcentajes de integración nacional determinaron que la típica elección "make-buy" se inclinara por la primera debido a las ventajas relacionadas con el régimen de promo-

[105] La presente constituye una versión abreviada del estudio presentado por J. Berlinski y publicado como "Innovaciones en el proceso y aprendizaje (El caso de una planta argentina de motores)", *Monografía de Trabajo Nº 59*, Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1982.

ción. De tal manera, no sorprende encontrar en las plantas ligadas a este régimen especial, una integración hacia atrás del proceso de producción superior al que se encontraría en un medio donde se dispusiera de mayor tiempo y/o diferentes incentivos para la integración de las partes. Así, las economías de escala relacionadas con el desarrollo de una red de proveedores no pueden ser internalizadas por la empresa, debido a que en un mercado cautivo las consideraciones de costos asociadas a dichas economías parecen secundarias respecto de la alternativa de perder el liderazgo del mercado. También la mayor ventaja relativa de los regímenes especiales de promoción respecto de los generales favorecía la mayor integración hacia atrás dentro de la firma. En tal sentido, aunque en otro contexto, se reabre una discusión iniciada por Baranson sobre el grado de integración de la planta de motores Cummins en la India[106]. Si bien la discusión detallada de este tema está más allá del objeto de este trabajo, no queríamos dejar de plantearlo como un problema importante en el análisis de la sustitución de importaciones "derivada" de esquemas de promoción. Es decir, la falta de desarrollo de una red de subcontratistas está aquí asociada no sólo con los problemas generales de control de calidad del proceso o de la especificación de materias primas sino también con problemas institucionales, que "a priori" determinan un esquema de integración hacia atrás dentro de la firma diferente al que parecería más apropiado.

Por su parte, el Decreto 4808/65 no innova sustancialmente respecto del primero, excepto en lo que hace a porcentajes y a definiciones de motores. Este Decreto aumentó los porcentajes de integración nacional. Así, las proporciones importables fluctuaban en el último año entre 10 y 20 % de acuerdo a la potencia del motor. Después de muchos años, el Decreto 3317/79 dispuso una reversión en la tendencia de incrementar la integración nacional, aumentándose entre 4 y 10 puntos de porcentaje la proporción importable sobre el valor CIF (entre 1980-1983). Por dicho Decreto se levantaba, también, la prohibición de importar motores a combustión interna.

Hoy, la planta se encuentra organizada para producir 3 grupos principales de productos. Los mismos están asociados con diferente grado de especialización de las líneas de producción. Así, en el primero, el mecanizado de blocks se realiza con los mismos equipos, tanto se trate de motores de 3, 4 ó 6 cilindros, a cuyos efectos la maquinaria debe ser ajustada. Lo mismo ocurre con el mecanizado de las respectivas tapas de cilindros. Esto hace que en esta línea de producción la mayor flexibilidad del equipo tenga un costo en términos del tiempo de preparación de máquinas, el que puede ser alto como consecuencia del tamaño reducido de los lotes. Por su parte, el segundo grupo es más específico, con lo que se reduce el tiempo de preparación de máquinas a costa de una mayor intensidad de capital. Finalmente, el último está organizado como un centro de mecanizado.

El contenido del presente trabajo es el siguiente: en la primera sección se analizan diversos indicadores de "performance" de la planta, especialmente sus niveles de producción, ocupación y productividad de la mano de obra. En la sección siguiente se analiza la trayectoria innovativa de la firma, destacándose especialmente, dada su importancia, las innovaciones asociadas con el nuevo motor de 6 cilindros. Se resumen, por último, las principales conclusiones.

[106] Baranson, J., (1967), *Manufacturing problems in India, the Cummins diesel experience*, Syracuse University Press. Capítulo 7.

2. Producción e insumos

2.1. Los niveles de producción

Los niveles de producción agregada fueron estimados definiendo cinco mediciones alternativas de volumen físico, a saber: el número de motores, el número de cilindros, los cm^3 de cilindrada, el peso (kg) del motor y la potencia (CV). Computados estos indicadores para el período correspondiente a la década del 70, se observó una definida asociación entre los mismos. Una vez elegido como indicador la cilindrada producida, se observó una clara tendencia ascendente que pasó de un nivel del índice de 40 (IV trimestre 1977 = 100) a principios del período analizado, hasta niveles de 128 en el tercer trimestre de 1977. Luego de la fuerte discontinuidad de principios de 1978 parecería retornarse a un ritmo similar al correspondiente al punto de partida ya indicado (principios del 70). Por su parte, los motores producidos durante el período analizado correspondían a cilindradas cuyos valores extremos eran de 2.500 y 8.800 cm^3, por tal motivo se estimaron los valores de las cilindradas promedio. Como resultado, si bien se observan fluctuaciones iniciales, estos valores se mantuvieron en niveles relativamente estables con desvíos no mayores al 10 % respecto del promedio.

En cuanto a la importancia porcentual de cada uno de los motores en el total de cilindradas producidas, el grueso de la producción se ha concentrado en pocos motores. El primer motor elaborado por la firma dejó de producirse a partir del cuarto trimestre de 1975, el mismo fue sustituído por otro que comenzó a ser producido en el tercer trimestre del año 1972. Antes de que se iniciara la producción de este último y después de discontinuar el modelo inicial, la proporción más frecuente dentro del total de la cilindrada producida fue del 30 %. A su vez, el motor cuya innovación reciente se presenta en el punto 3.2., mostró una participación en los niveles de producción del orden del 40 %, observándose sólo un punto anormal correspondiente al segundo trimestre de 1975 asociado con fuertes tensiones sindicales. La estabilidad de la composición porcentual de los principales motores en la cilindrada total fue resultado de la diversificación de sus principales usos: agropecuarios, industriales, vehiculares, cuya demanda no tiene comportamiento uniforme a través del ciclo económico.

2.2. El personal ocupado y las horas trabajadas

La evolución del personal ocupado en la firma desde principios de la década del 70 es clara, ya que después de alcanzar un nivel relativamente estable hasta fines del año 1972, el indicador comenzó a ascender hasta llegar a los picos observados durante los años 1975 y 1976. A partir de entonces desciende, al principio suavemente, observándose una tendencia bien marcada en tal sentido a partir del año 1978. Así, se llega en los últimos trimestres a niveles similares a los observados a principios del período analizado. Si se graficara la evolución descripta sería elocuente por sí misma al tratarse de una curva casi simétrica.

Dada la evolución observada en el indicador de personal ocupado, resulta conveniente subdividirlo en sus diversos componentes: mano de obra directa e indirecta y regular y extra. Si se relaciona la mano de obra indirecta regular (numerador) con la

mano de obra directa regular (denominador), se observará que después de alcanzar los puntos más bajos en 1975 y 1976 (puntos que corresponden al de mayor nivel absoluto del personal ocupado), pasó a tomar a partir de 1978 los valores más altos del período. Es decir, la mano de obra directa es la que mayores variaciones presenta, tanto en los períodos de contratación de personal como en los de despido. De tal manera, una caída en el nivel de ocupación de la planta indicaría una mayor inercia en el movimiento de la mano de obra indirecta. Este rezago podría explicarse "a priori" por factores de calificación de la mano de obra, los que surgen de las indivisibilidades en ciertos servicios dentro de la planta.

La pregunta formulada a continuación correspondió a la importancia de las horas extras dentro del total de la mano de obra utilizada. Así, se observaron altos picos a fines de 1969, durante todo el año 1974, a principios de 1977 y a fines de 1979, asociados a altos niveles relativos de producción. Cuál ha sido la evaluación que llevó a esta decisión? En tal sentido, debe considerarse que utilizar una proporción de un turno adicional (horas extras) a un costo 50 % mayor que el correspondiente a las horas regulares sólo puede ser una decisión económica si los costos fijos, especialmente el emergente de las leyes sociales, asociados a un segundo turno fueran superiores. Tampoco se descarta la existencia de otros beneficios como mantener más alto el ingreso de los ya ocupados y/o los menores problemas sindicales generalmente asociados al número de ocupados.

2.3. La productividad agregada de la mano de obra

Dada la evolución observada en el nivel de empleo y de producción agregada, en esta sección se intentó evaluar cuáles fueron los logros en materia de productividad. Por los problemas envueltos en computar indicadores complejos, se usaron dos mediciones simples de productividad de la mano de obra. Con tal motivo, se tomó en el numerador la cilindrada total producida y en el denominador indicadores alternativos de ocupación, a saber: total de horas directas (regulares y extras) y total de horas (directas e indirectas y regulares y extras).

Antes de pasar al análisis corresponde señalar que la evidencia empírica presentada en esta sección corresponde a la década del '70, por lo que resulta importante ubicarla comparativamente con lo acontecido en la década inmediata anterior. Así, el promedio quinquenal de motores producidos correspondiente a la segunda parte de la década del '70, comparado con igual período de la década anterior se triplica. En tal sentido, la planta de los años '70 corresponde a una escala diferente a la de la década anterior y, por lo tanto, a una "nueva" fábrica cuyas características se discutirán más adelante.

La evolución del nivel de productividad por hora directa muestra significativos progresos cuando se comparan los valores iniciales con los alcanzados a fines del año 1976. Este aumento en la productividad de alrededor del 50 % fue resultado de mayores variaciones en la cilindrada producida, manteniéndose posteriormente en los niveles alcanzados. Por su parte, en la evolución de la productividad resultante de computar en el denominador las horas directas más indirectas (regulares y extras), se observa una mayor similitud con la evolución del nivel de producción, aunque la caída evidenciada en la primera a partir de 1978 sea más suave que la correspondiente a este último, indicando que la mano de obra indirecta se ajustó con mayor rezago a los cambios en el nivel de actividad.

Como hipótesis explicativa de este comportamiento puede sugerirse que este mayor rezago de la mano de obra indirecta, respecto de variaciones en el nivel de producción, está relacionado con las características tecnológicas de la planta analizada. Es decir, la mayor intensidad de capital asociada con los aumentos de productividad produjo cambios en la composición de calificaciones del personal que resultaron en una mayor inflexibilidad del mismo respecto de variaciones en el nivel de producción. Las innovaciones tecnológicas no sólo habrían sustituído trabajo por capital sino que, además, disminuyeron en promedio la calificación de la mano de obra directa. Esto, si bien habría introducido una mayor flexibilidad de la misma lo hizo a costa de un aumento en la mano de obra indirecta. Lo cual resulta especialmente posible cuando paralelamente a la mayor intensidad de capital del proceso productivo se requiere adicionar tareas de organización de la producción u otras como las de mantenimiento de la planta de naturaleza indivisible.

2.4. La importancia de los departamentos de la planta y las calificaciones relativas

En primer lugar, con el objeto de tener una idea de la importancia relativa de cada departamento, se confrontó un organigrama reciente de la planta con el respectivo número de horas trabajadas. La información disponible indica que la fábrica se encuentra dividida en dos áreas principales: Fabricación e Ingeniería por una parte y los departamentos de Relaciones industriales y Compras por la otra. De la composición porcentual de las horas regulares por departamento surge que Mecanizado y Montaje representan desde un 60 % de las horas regulares a principios del período analizado, hasta un 50 % a fines del mismo; observándose al mismo tiempo, un crecimiento de la mano de obra indirecta en tareas como las de Compras, Ingeniería de Calidad, Planificación y Control de la producción, Ingeniería de Manufactura e Ingeniería de Planta. Por su parte, en la composición porcentual de las horas extras, si se excluye el período a partir de 1978 donde se produjo una fuerte discontinuidad en la producción, se observará que el departamento de Mecanizado representa en términos generales una proporción similar a la que corresponde a su incidencia en el total de horas regulares; un comportamiento similar surge del análisis de las horas insumidas por el departamento de Montaje. En tal sentido, al computarse la proporción de horas extras por unidad de horas regulares en los departamentos de Mecanizado, Montaje e Inspección, se obtienen valores que sugieren la existencia de un "segundo turno" equivalente.

Corresponde destacar la importancia que asume el departamento dedicado al mantenimiento tanto en las horas regulares como en las extras, lo que habla en favor del manejo racional del establecimiento; aunque no puede dejarse de preguntar si el mismo no se transformó en el receptáculo del personal no requerido en otros departamentos en épocas de "atesoramiento" de mano de obra. Esto último parece sugerido por las elevadas proporciones correspondientes a este departamento en el total de horas regulares del primer semestre de 1978.

Hechas estas apreciaciones sobre la importancia de los departamentos, se pasará a las calificaciones relativas. Así, con el objeto de analizar la jerarquización interdepartamental, donde la calificación es una variable de peso, se ha utilizado la dispersión de los salarios medios registrada a mediados de 1979 respecto del salario promedio por

persona ocupada. Como se recordará, en el período reciente correspondía a los departamentos de Mecanizado, Montaje e Ingeniería de Planta cerca de 2/3 de las horas regulares; por lo tanto, a éstos se referirán principalmente los comentarios sobre estas estimaciones. De las mismas surge que el personal de operarios del departamento de Ingeniería de Planta se encuentra remunerado por encima del promedio mientras que los de Mecanizado y Montaje están por debajo del mismo. Dentro de estos últimos departamentos, la mayor concentración de la ocupación corresponde a tramos de ingresos medios, sustancialmente por debajo del nivel más alto, mientras que en el caso de la Ingeniería de Planta éstos se encuentran en el nivel subsiguiente al más alto. En la medida que la dispersión salarial esté asociada con las calificaciones podría inferirse, a priori, que en la composición del personal de los departamentos de mecanizado y de montaje tiene fuerte peso el de operarios de nivel intermedio de calificación. En cuanto al personal indirecto, se ha querido identificar a los departamentos mejor remunerados respecto del promedio, los que parecen localizarse, especialmente, en la Ingeniería de Planta, Montaje e Inspección.

2.5. Los niveles de productividad en líneas de producción seleccionadas

En el punto 2.3. se midió la relación entre la producción agregada de la planta y la mano de obra directa insumida. Corresponde señalar que subyacen en esta estimación relaciones similares a nivel de línea de producción. Es decir, la naturaleza discontinua del proceso puede presentar situaciones donde coexistan niveles elevados de productividad en determinadas líneas con bajos indicadores agregados[107].

El análisis que se realizará aquí corresponderá a 7 líneas de mecanizado y 2 de montaje para las que se ha estudiado la evolución de la productividad de la mano de obra directa en la década de los años '70. Se trata, en la generalidad de los casos, del período comprendido entre mediados de 1972 y 1980. En algunas líneas, sin embargo, se cuenta con información anterior pero con distinto grado de homogeneidad[108].

La evolución de la productividad de la mano de obra directa correspondiente a una de las líneas de blocks muestra prácticamente dos niveles: un primer escalón que abarca desde el segundo trimestre de 1972 hasta fines del 74. Luego, en el período comprendido entre el segundo semestre de 1975 y el mismo lapso de 1977 tuvo lugar un incremento en la productividad de aproximadamente 1/3, pasando luego a niveles similares a los de 1975. Los indicadores de la otra línea de blocks muestran intensas fluctuaciones, aunque considerando sus picos refleja una tendencia creciente (III Trimestre 1972,

[107] Ver al respecto las consideraciones efectuadas por Pack, H., (1979), "The capital goods sector in LDCs: A survey", mimeo, World Bank, al comparar productividad en tareas con productividad agregada de la planta.

[108] Para realizar estas mediciones se han tomado como punto de partida las definiciones usadas en la planta: a) Horas presencia: corresponde a las horas trabajadas (regulares y extras) por los operarios presentes; b) Preparación y puesta a punto de las máquinas: tiempo requerido para pasar del mecanizado de un lote a otro distinto; c) Horas perdidas: es la sumatoria de los tiempos improductivos no imputables al operario (incluye el correspondiente al tiempo de preparación y puesta a punto de las máquinas) D) Producción realizada: es la cantidad de unidades aprobadas durante el período. Así, el indicador de productividad resultó de computar: $d/(a+b-c)$.

IV Trimestre 1974 y III Trimestre 1977), tendencia que también presentan los valores más bajos alcanzados por dicha serie.

En una de las líneas de tapas de cilindros se observa que hay dos escalones de productividad. El primer período, comprendido entre mediados de 1972 y fines de 1974. El segundo, donde exceptuando las observaciones de mediados del 78, muestra una tendencia creciente llegando hacia fines de 1977 a un nivel que implica un incremento respecto de fines de 1975 del 30 %. En cuanto a la otra línea de tapas de cilindros, el nivel alcanzado a mediados de 1972 va ascendiendo lentamente hasta llegar a fines del período analizado a valores que representan un incremento entre puntas del 50 %.

En la línea de bielas, la evolución de la productividad de la mano de obra directa por unidad producida indicaría que comparando los dos puntos más altos, de principios del 72 y fines del 77, se observa que representan un aumento del 17 %. Dicha tasa de crecimiento es algo superior a lo que resultaría de comparar los dos puntos más bajos registrados en el segundo trimestre de 1974 y el mismo período de 1978.

La línea de árbol de levas muestra una tendencia creciente en su productividad. Desde los niveles observados a principios de los años 72 pasa a los picos de fines del 77 para luego descender a los valores alcanzados a mediados de este último año. De cualquier manera, se obtuvo un incremento entre extremos del 60 %.

En la línea de cigüeñales, se observa un claro aumento de la productividad desde la iniciación de su producción (III Trimestre 1972) hasta el mismo trimestre de 1974 con ligeras fluctuaciones en el nivel de productividad alcanzado. Eliminando, quizás, algunos puntos extremos de fines del 74 y principios del 75, podría pensarse en un incremento sostenido de la productividad, pero a una tasa decreciente.

Finalmente, la línea de armado muestra niveles crecientes si bien con los usuales valles de mediados del 75 y principios del 78 respectivamente. Así, desde su nivel de fines de 1974 llega en el mismo período de 1979 a magnitudes que representan un aumento del 20 %. En el banco de pruebas se observa, a partir de mediados del 75, un crecimiento intenso de la productividad. Por lo que podría verse, los niveles iniciales se duplican en el segundo período.

En síntesis, si se quisiera generalizar el comportamiento de las distintas líneas de producción, se observaría que la evolución de la productividad puede subdividirse en tres períodos. Los cortes corresponderían a las dos caídas del nivel de productividad observadas a mediados del 75, debido a las fuertes tensiones sindicales, y la de principios del 78, como consecuencia de la fuerte retracción de la demanda. Considerando estos períodos, en el primero se observaron fluctuaciones en la mayor parte de los casos, luego crecimiento sostenido y finalmente estancamiento, excepto especialmente en cigüeñales donde parece más un caso de crecimiento sostenido a una tasa decreciente.

Dada esta evidencia resultó de interés indagar su relación con los niveles de productividad agregada de la planta. Para realizarlo se han tomado dos períodos: el que va desde mediados de 1973 al mismo lapso de 1977 y el posterior a esa fecha hasta mediados del 80. En el primero, frente a un incremento de la productividad agregada del 23 % se observan aumentos del 119 % en el banco de pruebas, 89 % en la línea de cigüeñales, 73 % en la línea de árbol de levas junto a un aumento de sólo 28 % en una de las líneas de blocks. Un fenómeno similar, aunque de diferente signo y complejidad,

se observa en el segundo período[109]. Estas discrepancias no pueden explicarse sólo por la relativa intensidad de capital[110] y/o la especificidad de las líneas de producción. Las causas deben buscarse, además, en la organización de la producción y dentro de sus determinantes, especialmente, en los cambios en la escala de actividad.

3. Innovaciones en el proceso y aprendizaje

3.1. Los cambios en la tecnología

En un principio (1962), la firma inglesa brindó apoyo técnico para producir el primer motor y dio su aprobación a las partes fabricadas en la Argentina. De tal manera, hacia 1965 la planta producía un motor de 6 cilindros con más de un 80 % de integración nacional, gestándose al mismo tiempo el proceso para la fabricación de un nuevo motor liviano de la misma cilindrada pero de mayor potencia que luego se llamará fase II. También, en este caso, la responsabilidad del proceso, selección de máquinas, proveedores e incluso apoyo financiero estaban ligados a la firma europea. Así, a fines de la década de los años '60 se solicitó autorización para la importación de máquinas para el mecanizado de cigüeñales, se estudió la incorporación de otras máquinas para el mecanizado de blocks y se analizó, también, su efecto en las necesidades de ampliación de la planta. Este era el panorama hacia principios de los años '70.

El inductor de la expansión de capacidad, en esta segunda época, fue el aumento de la demanda observado a partir de 1969. Para satisfacerlo se comenzó con un segundo turno, estudiándose la posibilidad de establecer un tercero para algunas secciones complementarias. De cualquier manera, la demanda resultó insatisfecha correspondiendo a las líneas de blocks y tapas de cilindros el papel de principales limitantes para el aumento de la producción. Por tal motivo, hacia 1970 se amplió la planta de mecanizado, duplicándose estas líneas. El origen de los bienes de capital y "blue prints" respectivos correspondió, principalmente, a una fábrica francesa desmantelada. En 1971 se inició el desarrollo de los forjados nacionales, recibiéndose, también, el equipo para el laboratorio de control de calidad. Al año siguiente comenzó la pre-producción de la línea de cigüeñales y, con motivo de la habilitación del nuevo edificio, se realizó un nuevo lay-out. Habiéndose terminado en el año anterior el equipamiento para el mecanizado de engranajes, se recibieron tornos automáticos para el mecanizado de volantes para grandes producciones.

[109] En este análisis intertemporal existen problemas metodológicos al comparar simultáneamente, aunque en un período largo, el crecimiento de la productividad de la mano de obra en diversas líneas de producción y el correspondiente a la producción agregada. Especialmente en el segundo período donde ante la disminución del subsidio contenido en las tasas de interés disminuyó la escala y, por ende, los stocks y el período medio de fabricación.

[110] Para medir la intensidad de capital relativa de las líneas seleccionadas se comparó la importancia porcentual de los HP instalados en cada línea con la composición de las horas presencia de la mano de obra directa. Un enfoque similar y las referencias bibliográficas correspondientes pueden verse en Teitel, S., (1978), "The strong factor intensity assumption: some empirical evidence", *Economic development and cultural change,* Enero. En los niveles más altos de intensidad se encontraría una de las líneas de blocks y cigüeñales. En el otro extremo, se ubicarían las correspondientes a las líneas de bielas y árbol de levas con coeficientes equivalentes a la mitad o menos del promedio y con un valor intermedio la línea restante de blocks y las de tapas de cilindros.

En 1973 se terminó la línea de cigüeñales y se incorporaron máquinas y equipos para la línea de árbol de levas. Al año siguiente, siguiendo con la política de la empresa, se inició la remodelación de la sala de pruebas, se puso en marcha la línea continua de terminado de motores y se agregó a la línea de cigüeñales una doble línea de torneado, ampliándose asimismo, las líneas de mecanizado de bielas, árbol de levas y blocks. En este último caso se incorporó un equipo de prueba hidráulica de los mismos. En 1975, con la incorporación de una bruñidora, se produjo una mejora de calidad en la terminación de los cilindros, posibilitando la simplificación de una de las líneas de blocks. En dicho año comenzó a estudiarse, también, la posibilidad de introducir una segunda fase de un motor de 6 cilindros (fase IV), cuya producción inicial (fase II) comenzó a realizarse a mediados de la década del '60. Respecto del contexto, en dicho año tuvo lugar un inusual desabastecimiento de materia prima, huelgas, trabajo a desgano y disturbios.

En 1976 se siguieron incorporando máquinas en las líneas de blocks y tapas de cilindros, se compró una brochadora para la línea de bielas y se mejoró la calidad de los árboles de levas adquiriéndose tornos copiadores. No menos importante fue el sistema de movimiento automático en la línea de armado a partir de la instalación, durante el año anterior, de un puente grúa. Se continuó con las tareas previas a la producción del motor fase IV cuyas inversiones se completarían al año siguiente, incorporando nuevas máquinas en las líneas de blocks, tapas de cilindros, cigüeñales y bielas. También, fueron agregados dos modernos tornos automáticos en la línea de volantes con mejoras en operaciones críticas.

El año 1978 se caracterizó por la aprobación del proyecto de producción de un motor de 8 cilindros, demorando el proyecto anterior (fase IV). Estas dos incorporaciones requirieron estudios de lay-out para no agregar superficie cubierta, especialmente en la línea de cigüeñales, donde se redistribuyeron las máquinas para instalar la nueva máquina transfer y las rectificadoras alemanas. Con ésto se mejoró la calidad posibilitándose, además, mecanizar cigüeñales para el motor de 8 cilindros. También, corresponde señalar que a principios de 1978 se suspendió la producción durante tres meses por altos stocks y se inició un programa de mejoras de calidad y reducción de costos. Finalmente, en 1979, se emitió la orden de compra de otro centro de mecanizado (operación que luego se canceló) y se pusieron en marcha las nuevas líneas de productos (el motor fase IV y el de 8 cilindros), continuándose con la política de contención de gastos, mejora de calidad y stocks mínimos, que también caracterizó lo acontecido durante 1980.

A la luz de esta breve relación de los principales acontecimientos, se optó por clasificar los cambios introducidos en la tecnología de la planta en dos grupos: innovaciones incorporadas (en los bienes de capital y en los "blue prints") y no incorporadas. Dentro de las primeras, las más importantes se encuentran relacionadas con nuevos productos y cambios en el proceso, especialmente, debido al aumento en la integración hacia atrás dentro de la planta. De tal manera, las líneas donde se produjeron estas innovaciones son, entre otras, las del mecanizado de blocks, tapas de cilindros y cigüeñales. Respecto de las "no incorporadas" son resultado de la experimentación en las líneas de producción a partir de las pautas que acompañaron a las innovaciones incorporadas. Por tal motivo, se encuentran estrechamente ligadas con la organización de la producción y el aprendizaje dentro de la planta. Los datos elaborados sugieren la existencia de dos períodos importantes en el proceso de inversión: principios de los 60 y 70 respectivamente. Se trata de adquisiciones realizadas a fábricas europeas relacionadas con innova-

ciones de productos, especialmente para el mecanizado de blocks y tapas de cilindros. Corresponde señalar en la segunda década la incorporación de las inversiones correspondientes a la línea de cigüeñales, adicionándose en este último caso, el impacto correspondiente a las inversiones realizadas en el período 1977/79 asociadas con el motor fase IV.

La adquisición de bienes de capital que acompañó a las innovaciones, estuvo relacionada, principalmente, con dos motores de 6 cilindros: el primero introducido a principios de los años '60 y modificado a principios del '70 y el segundo producido a mediados del 60 (motor fase II) y modificado a fines de los años '70 (fase IV). Estas constituyen las dos innovaciones fundamentales en materia de productos sobre las que se sostuvo la economía de la empresa. Es decir, en la década del '60 las líneas de blocks y tapas de cilindros mecanizaban ambas versiones, por cierto diferentes, de estos motores con lo cual la maquinaria tenía mayor flexibilidad a costa de un mayor tiempo de preparación de máquinas. A partir de la década del 70 estas líneas de producción se especializaron y su resultado fue una duplicación de las líneas de blocks y tapas de cilindros, mecanizándose en una el motor fase II y en la otra, tanto otro motor de 6 cilindros como dos versiones de la misma familia de 3 y 4 cilindros. Otra innovación "incorporada" de importancia correspondió al mecanizado de cigüeñales. Dicha línea fue introducida a principios de la década del 70 y según se vio ha sido adecuada a los cambios realizados en los motores producidos. Esta línea tiene una alta intensidad de capital y donde, seguramente, podrían obtenerse importantes economías de escala.

En estas transiciones las mejoras introducidas en los motores repercutieron no sólo en modificaciones en el proceso sino también en los insumos. A manera de ejemplo se ha sistematizado la interrelación entre características técnicas, partes e innovaciones correspondientes al despiece del motor fase IV. La comparación se ha realizado entre la versión standard del anterior y la versión "Premium" de esta nueva fase, con el objeto de reflejar las versiones extremas que requirieron adecuar la dotación de maquinarias e insumos. Como resultado de esta transición se obtendría, entre otras cosas, una mayor hermeticidad y resistencia mecánica tanto en el block, tapa de cilindros como en el cigüeñal. Pero el cambio en las características técnicas de los dos primeros fue posible a través de una modificación en el insumo (de fundición gris a nodular) utilizado como punto de partida para el mecanizado[111]. En cuanto al cigüeñal, se requirió un nuevo forjado del mismo.

Las innovaciones introducidas posibilitaron un aumento sustancial en la escala de producción. Así, el personal ocupado se incrementó, tratándose especialmente de mano de obra directa y, al mismo tiempo, los picos de demanda se satisfacían con un alto nivel de horas extras. Aunque ésto no pareció originar modificaciones sustanciales en el organigrama de la planta, comenzó a notarse una mayor importancia de la mano de obra indirecta. Por su parte, el índice de producción alcanzó en el tercer trimestre de

[111] Surge, también, de dicha comparación que se trataría de un motor diferente en términos de mecanizado, pero similar al anterior en términos de uso. Esto podría llevar a reflexionar sobre la bondad de la decisión de incorporar este nuevo modelo, que si bien estaba ligada con la simultaneidad de su introducción por parte de la empresa europea, podría no haber representado un proyecto adecuado al medio local. De cualquier forma, es muy difícil evaluar esta situación, dado que las condiciones iniciales que determinaron la adecuación del equipo de capital para la producción del fase IV se revirtieron a principios del año 1978, cuando ya buena parte de las inversiones se encontraban completadas o en etapas muy avanzadas de realización.

1977 el nivel más alto de la década, para bajar a partir de entonces a niveles similares al de principios de los años '70. De tal manera, los niveles de productividad de la mano de obra directa fueron más estables que los resultantes de incluir, además, la mano de obra indirecta, debido a la mayor inercia en su ajuste. Por ende, tanto la productividad agregada de la mano de obra directa como la correspondiente a un grupo de líneas de producción seleccionadas, resultaron sensibles a cambios en la escala, fueran éstos inducidos por tensiones sindicales (mediados de 1975) o por cambios en las reglas del régimen de incentivos a partir de 1978.

¿Qué efecto tuvieron estas innovaciones en la planta? El período para el que se dispuso de información cuantitativa fue demasiado corto y con importantes reversiones de la política económica como para que resulte simple hacer juicios al respecto. Sin embargo, la fábrica de la década del '70 en relación con la de la década anterior, presenta algunos fenómenos que la transforman en una planta distinta. En primer término, la maquinaria es más especializada, las líneas completadas en 1971 de blocks y tapas de cilindros se componían de máquinas que debido a sus cabezales múltiples cumplían un elevado número de operaciones. También, tuvo lugar una mayor integración hacia atrás del proceso a través de la introducción de la línea de cigüeñales. En el mismo sentido, al año siguiente se dio un paso importante al habilitar la ampliación del edificio que permitió estudiar y poner en práctica un nuevo "lay-out". Así, quedó resuelto un flujo permanente sin retroceso de la producción, a través de las respectivas líneas de mecanizado, montaje, almacenamiento y expedición.

Resumiendo, a fines de la década del '60, la adecuación de algunas de las líneas al creciente requerimiento de la demanda, indujo un aumento de capacidad en las líneas de mecanizado más restrictivas, a saber: la de blocks y tapas de cilindros. Pero este aumento de capacidad trajo como consecuencia, debido a la naturaleza de los nuevos bienes de capital utilizados, mejoras en el motor de 6 cilindros inicial y una duplicación de dichas líneas para aumentar el grado de especialización de las mismas. Este aumento de capacidad en el mecanizado coincidió con un aumento en la integración hacia atrás, resultante especialmente de la introducción de la línea de cigüeñales. Por último, a fines de la década del '70, las líneas de blocks, tapas de cilindros y cigüeñales fueron afectadas por la introducción del motor fase IV. Junto a estas innovaciones, que se denominan incorporadas, coexistieron otras, que por contraposición se llaman "no incorporadas", relacionadas con la organización de la producción. Estas últimas, si bien fueron de menor envergadura relativa, permitieron mejorar la productividad de las líneas, aunque resulten de difícil identificación pues están especialmente ligadas al proceso de aprendizaje. De tal manera, los indicadores de mayor madurez por el lado de los insumos de recursos humanos también encontraron su paralelo en la concreción de las innovaciones tecnológicas. En tal sentido, en la década del 60 la relación con la planta europea fue más estrecha, respecto a los cambios introducidos en la década del '70 donde el elenco local de ingeniería tomó una mayor preponderancia en las decisiones referentes a la planta.

3.2. El caso del nuevo motor de 6 cilindros

Esta sección se dedica al análisis de las modificaciones principales en tareas y máquinas asociadas con la introducción del nuevo motor (fase IV). Así, partiendo de la

evolución de los tiempos standard de mecanizado y montaje de las dos fases del motor de 6 cilindros se evaluaron los cambios en el mecanizado de tres piezas principales: el block, la tapa de cilindros y el cigüeñal. Siguiendo con las modificaciones en las tareas, se analizaron los cambios en las respectivas líneas de producción a través de la adquisición de máquinas nuevas, señalándose la importancia del acople de operaciones. También, se destaca la introducción de máquinas modificadas bajo la dirección de la Ingeniería de la planta, partiendo de similares fuera de uso u obsoletas.

La ingeniería del producto y el desarrollo del nuevo motor fueron realizados en la planta inglesa, quedando por cuenta de la firma analizada las decisiones en materia de ingeniería de proceso. A tal efecto, se consultó un estudio preparado por la firma europea y se visitó su planta con el objeto de considerarla como punto de partida para la solución de los problemas críticos. De tal manera, la tarea principal de la Ingeniería de la planta local consistió en la identificación de las fuentes de aprovisionamiento de componentes y bienes de capital, consultándose especialmente a los fabricantes de maquinarias, locales y extranjeros, sobre el estado de la frontera técnica en cuanto al mecanizado de las nuevas piezas.

Los elementos de mayor peso en la decisión de producir el motor fase IV fueron la intención de proveer un motor de mayor potencia para camiones, fenómeno forzado además por la ley de transporte de cargas[112] y por el objetivo de la licenciataria de unificar los productos entre las filiales con el fin de lograr la intercambiabilidad mundial del motor y de sus componentes. Por último, tuvo importancia la consideración de que con el tiempo este motor podría reemplazar al fase II.

En consecuencia, este nuevo motor y, en particular, el cigüeñal son de diseño europeo según las normas estipuladas en los planos. Los mismos fueron estudiados por la Ingeniería de Producto para su mejor comprensión y posterior asesoramiento a otros responsables. Por su parte, el Departamento de Compras, en base a los planos correspondientes, tomó contacto con los proveedores de forja a fin de obtener muestras que fueran aceptables en sus aspectos metalúrgicos y dimensionales. A su vez, la Ingeniería de Manufactura, responsable del diseño del proceso de mecanizado, de acuerdo a la cantidad y calidad requeridas, definió las máquinas, herramientas, equipos y elementos de medición adecuados para el mismo. Así, una vez aprobadas las muestras obtenidas de la forja o fundición, se mecanizó una partida piloto con el proceso diseñado y se sometieron algunas piezas al departamento de Control de Calidad. Una vez aprobadas las piezas, se enviaron muestras a la planta europea para ser sometidas a nuevos ensayos, donde luego de su aprobación son homologadas internacionalmente.

Los cuadros 5.1. a 5.3. se basaron en informaciones detalladas del proceso: las operaciones, sus correspondientes máquinas y tiempos standard. Como se verá en primer lugar, se presentan los tiempos insumidos en el mecanizado y montaje del motor y de sus principales piezas. Luego, para estas últimas se clasificaron los tiempos de mecanizado de acuerdo a sus principales operaciones, a saber: agujereado, fresado, alesado, roscado y otras. De tal manera, la comparación de estas dos versiones del motor de 6 cilindros reflejaría la elección de técnicas relacionadas con la producción de ambos, inten-

[112] Esta ley disponía, con el objeto de dar mayor agilidad al transporte de carga, un aumento a través del tiempo de la potencia por tonelada transportada. Su aplicación fue suspendida debido a diversas críticas.

CUADRO 5.1

Comparación de la importancia de las horas standard insumidas en el mecanizado y montaje por categorías

Operaciones	Motores II (b) % (1)	% (2)	IV % (1)	% (2)
Mecanizado	**59**	**100**	**52**	**100**
1. Block		27		20
2. Tapa de cilindros		10		12
3. Vigüeñal		26		25
4. Resto		37		43
Montaje y terminación	**41**	**100**	**48**	**100**
1. Armado		36		35
2. Banco de Pruebas		29		38
3. Resto		35		27
Total	**100**		**100**	
Indice tiempo total (Base II (b) = 100)	100		114	

Fuentes y métodos: Elaboración propia en base a datos de la empresa.
Nota: (b): Motor fase II fabricado con maquinarias nuevas.
Nota: (b): Motor fase II fabricado con maquinarias nuevas.
(1): Proporción respecto del tiempo total.
(2): Proporción respecto del tiempo de Mecanizado y Montaje respectivamente.

tándose destacar los aspectos de mayor importancia en la sustitución de trabajo por capital que acompañó esta transición. Además, la importancia relativa de los motores fase IV producidos en la planta fue baja y, por tal motivo, tanto la pérdida de especificidad de las líneas de blocks y tapas de cilindros como el aumento en la diversidad de la línea de cigüeñales, no tuvieron un efecto significativo en indicadores de las mismas. Es importante destacar este aspecto porque algunas mediciones de tiempos estuvieron apoyadas sólo en la experiencia de operar con partidas piloto. Como ejemplo más destacado de esta faz experimental del nuevo motor corresponde señalar a la respectiva línea de cigüeñales.

De tal manera, las causas importantes de los cambios en los tiempos corresponden a modificaciones en el producto y en el proceso, estos últimos "incorporados" en las operaciones de las respectivas máquinas o afectados por cambios en la organización de las líneas. Por ello, mientras que en el cuadro 5.1. las comparaciones sólo se hicieron entre las mediciones correspondientes a las fases II y IV con las máquinas y el lay-out nuevo, en los cuadros siguientes se ha incorporado otra columna con las estimaciones de tiempos insumidos en la producción del motor fase II con las máquinas anteriores. En ese sentido, como la introducción del nuevo motor no discontinuó la producción del anterior pueden realizarse comparaciones del tiempo standard de los mismos tomando dos versiones por vez. En un subconjunto se compararía el motor fase II con máquinas anteriores y nuevas y, en el otro, el fase II y IV con máquinas nuevas.

El motor fase IV requiere, en comparación con el II, 14 % más de tiempo directo en su fabricación cuando se emplean las maquinarias más modernas (cuadro 5.1.). Esta modificación en el insumo total de mano de obra está acompañada de cambios en la

importancia relativa de las distintas operaciones, disminuyendo el tiempo dedicado a mecanizado. Sin embargo, las distintas tareas de mecanizado demandan, en términos absolutos, aproximadamente el mismo número de horas standard en uno y otro caso. Esto es resultado del menor tiempo requerido para mecanizar el block y el cigüeñal del fase IV, lo que es compensado por los mayores tiempos correspondientes a la tapa de cilindros y otras piezas. Por el contrario, el mayor trabajo que insumen las operaciones de montaje y terminación hacen que éstas pasen a representar el 48 % del tiempo total necesario para producir el motor fase IV, proporción que en el caso del motor II es sólo del 41 %. Esta modificación se debe, básicamente, al sustancial incremento en el tiempo dedicado al banco de pruebas, lo que prácticamente explica la diferencia de incidencia en las tareas de montaje y terminación. La misma corresponde al mayor tiempo de ensayo aplicado a los modelos nuevos, el cual sería reducido a medida que aumente su producción y, por ende, la experiencia respectiva.

Con el objeto de efectuar un análisis más detallado del mecanizado, se ha desagregado en operaciones específicas el tiempo requerido para la elaboración de tres partes principales del motor: block, tapa de cilindros y cigüeñal. En el block de cilindros (cuadro 5.2.) al comparar el motor II con el IV se advierte una reducción significativa del tiempo total (23 %) y, también, de la importancia relativa de las tareas de agujereado. En términos absolutos, el nuevo motor requiere 45 % menos de tiempo que el II para la realización de esta tarea. En realidad, todas las operaciones restantes identificadas insumen un tiempo menor o similar en la producción del motor IV, pero la reducción que éstas experimentan es menor que la correspondiente a la tarea de agujereado. Además, dicho cuadro permite comprobar que la nueva maquinaria reduce el tiempo de elaboración total del block del motor II en 4 %. En este caso, también, el tiempo de agujereado es el que disminuye sensiblemente (30 % en términos absolutos). Sin embargo, este ahorro se ve compensado por un aumento de más de 70 % en el tiempo de fresado. Asimismo, en alesado, tarea relativamente menos importante, la introducción de las nuevas maquinarias demanda más tiempo que en el caso de emplearse las anteriores. Cabe indicar que el nuevo modelo trajo aparejado una importante cantidad de operaciones adicionales respecto del anterior, debiéndose incorporar, por ejemplo en la línea de blocks 15 máquinas para adaptarlas al fase IV. También, se decidió eliminar las máquinas de accionamiento manual (caso de perforadoras radiales) que hacían depender del operador la calidad y productividad del proceso. A tal efecto, se incorporaron maquinarias múltiples de ciclo automático, donde el operario es responsable solamente de cargar y descargar las piezas.

La capacidad de diseño de maquinaria de la ingeniería local fue utilizada con diferentes características. Dentro de las más importantes se encuentran la modificación de máquinas y las construidas externamente, ambas bajo su dirección. La empresa poseía un parque de máquinas en desuso de distintas procedencias, el mismo estaba compuesto por máquinas obsoletas de la línea de blocks de un motor de 6 cilindros reemplazado a principios de los años '70. Contaba, también, con un lote de máquinas usadas anteriormente por otra firma para la fabricación del motor Hanomag. Se trataba de máquinas de marca reconocidas como Henschel, Alfine o Hüller. De esa manera, fueron incorporadas en la línea de blocks un número significativo de máquinas modificadas por proveedores externos con diseño y dirección de la ingeniería de la planta. Las modificaciones se originaron en la producción del motor fase IV y representan sólo una parte de las tareas

CUADRO 5.2

Block de cilindros, comparación de la importancia de las horas standard insumidas en el mecanizado de operaciones seleccionadas

(En porcentaje)

Operaciones	Motores II (a)	II (b)	IV
Agujereado	53	38	27
Fresado	11	19	22
Alesado	9	12	15
Roscado	5	4	4
Otras	22	27	32
Total	100	100	100
Indice tiempo total (Base II (b) = 100)	104	100	77

Nota (a) y (b): Motor fase II fabricado con maquinarias anteriores y nuevas respectivamente.
Fuentes y métodos: Elaboración propia en base a datos de la empresa.

similares realizadas en otras líneas y épocas. Se observó que en los casos analizados se partió de las bases, guías, columnas y bancadas de las máquinas originales, construyéndose en la mayor parte de los casos perforadoras múltiples.

En lo que respecta a la tapa de cilindros, al comparar las diferencias cuando ambos motores se producen con la misma maquinaria, se aprecia que el fase IV insume 24 % de tiempo menos que el fase II. Esto se debe, fundamentalmente, al mayor requerimiento de agujereado, tarea que pasa de representar el 32 % del total en el caso del motor II al 45 % en el caso del IV. Si la comparación se refiere al efecto del cambio de máquinas en el fase II, se advierte que las nuevas maquinarias hacen disminuir sensiblemente el tiempo de mecanizado total, especialmente al reducir las operaciones de agujereado y fresado que ahora demandan 40 % menos de tiempo que con las máquinas anteriores. En la línea de tapas de cilindros se debieron incorporar varias máquinas, a saber: de prueba hidráulica de estanqueidad, roscadora, "gun reamer" (ésta con el objeto de garantizar el sellado perfecto de las válvulas). Por tal motivo, en este caso (como en el de blocks) debieron realizarse modificaciones en la distribución de las máquinas, aunque no hubo cambios en la organización de la producción.

Por otra parte, el tiempo que requiere la mecanización del cigüeñal para el motor IV resultó 4 % inferior al correspondiente del II. Sin embargo, se aprecian cambios importantes en el peso relativo que se asigna a las diversas operaciones. Lo más significativo es, nuevamente, la reducción del tiempo de agujereado (46 %) y los incrementos correspondientes al torneado (28 %) y rectificado (20 %). Si se efectúa la comparación entre el tiempo que requiere el mecanizado del cigüeñal para el motor II, antes y después de la introducción de la nueva maquinaria, se verifica una caída en el tiempo total y en el requerido para el agujereado y rectificado. Los cambios introducidos en la línea de cigüeñales fueron importantes, incorporándose, entre otras, 7 rectificadoras y una perforadora transfer, lo que motivó una reubicación de máquinas en la línea. Así, el proceso dentro de la misma fue dividido en dos sublíneas paralelas con algunas estaciones comunes, una para cigüeñales de los motores fase II y IV y, otra, para la familia de motores de 3, 4 y 6 cilindros.

Un mecanismo empleado para reducir el tiempo de producción es el denominado "acople". Consiste en diseñar el lay-out de la planta y organizar el movimiento de las tareas en forma tal de minimizar el tiempo que cada operario permanece inactivo. El tiempo total que demanda una tarea puede dividirse en el tiempo manual, esto es, el que requiere la carga y descarga de la máquina y el tiempo tecnológico, o sea, aquél durante el cual la máquina realiza su tarea sin requerir la intervención humana. El acople consiste en intercalar el tiempo manual y el tecnológico de varias tareas de forma tal que el operario luego de haber cargado una máquina pueda, durante su respectivo tiempo tecnológico, poner en marcha otra (s). Es decir, los acoplamientos de operaciones de un proceso se realizan con la finalidad de una mejor utilización de la mano de obra y consiste en que el operario trabaje durante el tiempo tecnológico de una máquina, en una o varias máquinas o procesos. Para que pueda aprovecharse el tiempo tecnológico, la máquina debe ser de ciclo de maquinado totalmente automático, sin necesidad de intervención del operario.

En el cuadro 5.3. se han realizado algunas mediciones de la importancia de este fenómeno en el mecanizado del block de cilindros, línea en la que el acople es importante. Del mismo surge una primera diferenciación entre los blocks elaborados con máquinas anteriores y nuevas. Así, estas últimas implicaron una disminución del tiempo ahorrado por las operaciones de acople respecto del tiempo bruto correspondiente, pasando del 52 % al 45/46 %. Al mismo tiempo, se verificó un aumento en el número de acoples (de 10 a 14) y en la importancia relativa de las horas correspondientes a operaciones acopladas sobre las horas totales de mecanizado (era 27 % y pasó al 48/62 % según fuera fase II o IV). Es decir, a pesar de que el ahorro de tiempo en las operaciones acopladas fue menor con las máquinas nuevas, la importancia respecto del tiempo total de mecanizado resultó sustancialmente mayor, especialmente en el caso del fase IV debido a la fuerte caída en el tiempo total respectivo (ver cuadro 5.2.).

Resumiento, cuando se comparan los tiempos standard de mecanizado del fase II y IV con maquinaria nueva, tanto las bajas en blocks como las subas en tapas de cilindros deben asignarse fundamentalmente a lo acontecido con el tiempo de agujereado. El caso del cigüeñal es más complejo debido a que la reducida baja del total se explica por una caída en agujereado compensada con un aumento en las tareas de torneado y rectificado. Si la comparación efectuada correspondiera al mecanizado de los motores fase II con máquinas anteriores y nuevas, se observarán caídas de distinta intensidad en los tiempos. En los casos considerados: block, tapa de cilindros y cigüeñal la caída en los tiempos totales es acompañada por una disminución en los correspondientes a agujereado, complementada por variaciones de diversos signos en otras tareas. Así, en blocks aumenta el tiempo dedicado a fresado y a alesado, en tapas de cilindros cae el insumido en fresado y en cigüeñales se reduce el tiempo dedicado al rectificado.

Estos cambios operados en las dos transiciones (fase II con máquinas anteriores y nuevas, fase II con máquinas nuevas y fase IV) introdujeron, también, cambios en el tiempo de acople cuya incidencia ha sido tan significativa en el caso del motor fase IV. De tal manera, la sustitución de trabajo por capital operada en las líneas de mecanizado analizadas se explican por la multiplicidad de operaciones de las nuevas máquinas, por ejemplo agujereadoras múltiples en blocks o perforadora transfer en cigüeñales, y por el acople de operaciones que acompañó al nuevo lay-out de las líneas. En este último aspecto, las máquinas modificadas podrían haber contribuido a que el ahorro de trabajo

CUADRO 5.3

Block de cilindros, horas standard ahorradas en el mecanizado debido al acoplamiento de operaciones seleccionadas

(En porcentaje)

Operaciones	Motores II (a)	II (b)	IV
Agujereado	44	42	45
Fresado	56	51	52
Alesado	54	45	44
Total	52	45	46
Número de acoples	10	14	14
Promedio de máquinas acopladas por acople	2,6	2,6	2,9
Importancia de las horas acopladas sobre las horas totales (%)	27	48	62
Indice tiempo con acoples (Base II (b) = 100)	59	100	103

Nota: (a) y (b): Motor fase II fabricado con maquinarias anteriores y nuevas respectivamente.
Fuentes y métodos: Elaboración propia en base a datos de la empresa.

resultante del acople de operaciones fuera superior al que hubiera tenido lugar alternativamente. Es decir, aunque los tiempos standard referidos a la fase IV no corresponden a una producción de régimen, algunas de las tendencias observadas no deberían modificarse. Así, la comparación de los tiempos standard en mecanizado está íntimamente ligada con la incorporación de nuevas máquinas para el agujerado de blocks, tapas de cilindros y cigüeñales, como también las rectificadoras alemanas para estos últimos. Sin embargo, la incidencia que estas modificaciones han tenido en los tiempos standard, especialmente de blocks, está afectada por el acople de operaciones. A su vez, esta tarea no sería independiente de las máquinas modificadas con el objeto de que su diseño permita un mejor acople, cuando la correlatividad de las operaciones no fuera obligatoria. Por tal motivo, la línea divisoria frecuentemente trazada en el punto anterior entre innovaciones incorporadas y no incorporadas es difícil de realizar en este caso.

4. Conclusiones

Los índices de productividad resultantes de relacionar las cilindradas producidas con las horas trabajadas, confirman la hipótesis presentada en el texto referida a la inercia de la mano de obra indirecta, lo cual tiene su efecto en una caída mayor en la productividad a partir de la discontinuidad en los niveles de producción de 1978. Como en esta relación agregada subyacen productividades de diferentes líneas de producción, luego de analizar las estimaciones de la intensidad de capital de un conjunto seleccionado de ellas, se realizaron mediciones de productividad de la mano de obra directa para 7 líneas de mecanizado y 2 de montaje. Los datos sugieren dos períodos separados por una discontinuidad manifiesta a partir de 1978. Hasta entonces la productividad creció en forma sostenida, excepto por la caída imputable a las tensiones sindicales de mediados de 1975, hasta que se estanca a partir de 1978. Dichos datos también permiten seña-

lar importantes discrepancias entre cambios en la productividad de las líneas analizadas y las correspondientes a la productividad agregada de la mano de obra directa, las que no parecen explicarse exclusivamente por la intensidad de capital de las líneas. Considerando el número de horas trabajadas por departamento, se observó que una parte sustancial correspondía a los departamentos de Mecanizado y Montaje notándose, al mismo tiempo, un crecimiento de la mano de obra indirecta. Por su parte, la importancia de las horas extras indicaría la existencia de un "segundo turno" equivalente. Respecto de la jerarquización relativa dentro de cada departamento, se observa en "operarios" que le corresponde a "mantenimiento" salarios por encima del nivel promedio, mientras que los de "mecanizado y montaje" están por debajo del mismo. En lo que a mano de obra indirecta se refiere, en los departamentos terminales (montaje e inspección) y en mantenimiento se encuentran los mejor remunerados.

En la segunda sección se han clasificado las innovaciones tecnológicas introducidas durante la década del '70 en incorporadas (en los bienes de capital y en los "blue prints") y no incorporadas. Las primeras relacionadas con cambios en las líneas de mecanizado de blocks y tapas de cilindros debido a la introducción de nuevos productos cuya ingeniería fue importada. Al mismo tiempo, se producía un aumento en la integración hacia atrás dentro de la planta por la introducción de la línea de mecanizado de cigüeñales. Respecto de las innovaciones no incorporadas, la creciente importancia y relativa inercia de la mano de obra indirecta tendió a centrar en ella la mayor parte del aprendizaje realizado en el proceso, destacándose que en las innovaciones introducidas en la década del '70 el elenco local de ingeniería tuvo una actitud preponderante en las decisiones que concernían a la planta. Luego de realizar este encuadre general, el punto siguiente se concentra en el nuevo motor de 6 cilindros introducido a fines de la década del '70, proveyéndose estimaciones cuantitativas de las variaciones en las horas standard de proceso dentro de la planta. Tales comparaciones tienen interés debido a que el motor fase II (anterior) y el fase IV (nuevo) se producen simultáneamente. Por tal motivo, las maquinarias introducidas para la fabricación del nuevo motor se han adaptado para la producción del fase II. Así, al obtener información sobre los tiempos standard de este último con las maquinarias anteriores, quedaron definidos dos subconjuntos de indudable interés: motores fase II elaborados con maquinarias anteriores y nuevas y motores fase II y IV producidos con maquinarias nuevas. En esta transición merecieron atención dos aspectos: el acople de operaciones, resultante de dividir éstas en su tiempo manual (colocación y retiro de la pieza) y tecnológico (requerido por el proceso), división que permite una mejor utilización de la mano de obra al posibilitar que un operario trabaje durante el tiempo tecnológico de una máquina en otra (s). Otro aspecto que sobresalió del análisis de las líneas de blocks, tapas de cilindros y cigüeñales fue la importancia de las máquinas modificadas en el equipamiento de las respectivas líneas. En el texto se han indicado algunas de estas transformaciones en máquinas de la línea de blocks, pero el fenómeno es más generalizado. El mismo resume ciertas dimensiones del aprendizaje en el proceso, al habilitar a la Ingeniería de la planta a tomar máquinas obsoletas o en desuso y dirigir su modificación en función de las nuevas necesidades de las diversas líneas. De tal manera, una vez que dicho aprendizaje lleva a una interacción entre el diseño de las máquinas modificadas y un mejor acople de las operaciones, la división entre innovaciones incorporadas y no incorporadas pierde su nitidez anterior.

CASO Nº 6

UNA PLANTA BRASILEÑA DE EQUIPOS PARA EL PROCESAMIENTO DE CEREALES[113]

Helio Nogueira da Cruz

I. Introducción

La bibliografía sobre el cambio tecnológico en los países atrasados es relativamente reciente y escasa, y exige intensos esfuerzos si se pretende obtener una mejor comprensión del fenómeno tecnológico en estas regiones.

El objetivo de este trabajo es contribuir al debate del tema a través del estudio de la conducta tecnológica de una empresa brasileña productora de máquinas para procesar cereales.

Debemos destacar, desde el comienzo, que, de manera amplia, entendemos por 'tecnología' "el conjunto de habilidades, conocimientos y procedimientos para hacer y utilizar cosas"[114]. Son objeto de este estudio las modificaciones que tuvieron lugar en el curso del tiempo en el proceso productivo empleado por la firma y en los productos comercializados. La definición mencionada incluye tanto las modificaciones mayores como las menores, hayan sido incorporadas o no a los equipos, y ya sean específicas o de utilización más general. Tampoco nos preocupa que estas modificaciones se hayan desarrollado dentro de la empresa; ellas pueden haber sido absorbidas (y adaptadas), con independencia de que fueran conocidas (y utilizadas) por otras empresas del mismo sector o de otros sectores, en el país o en el extranjero.

Debemos aclarar también la distinción entre sectores de procesos productivos continuos y discontinuos[115]. Entiéndese por proceso productivo continuo el que se caracteriza por un gran volumen de fabricación de productos homogéneos, que utiliza equipos específicos, con rutinas de operación bien definidas y un ciclo de producción breve (en general, sólo algunos días). La firma que aquí estudiaremos utiliza un proceso discontinuo —salvo en su sección de caucho—, ya que el volumen de producción de cada producto (hay decenas de éstos) es pequeño, y además emplea gran número de piezas y componentes para llegar al producto final, usa equipos de tipo universal y su ciclo de producción es largo y variable (según la coyuntura económica y los productos fabricados). Estas características de los dos tipos de procesos productivos establecen importantes distinciones en cuanto a la índole del cambio tecnológico.

113 Versión abreviada del estudio de NOGUEIRA DA CRUZ: "Evoluçao Tecnológica no Setor de Máquinas de Processar Cerais. Um Estudo de Caso", Monografía de Trabajo Nº 39, Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1981.

114 R. S. MERRYL: "The Study of Technology", en *International Encyclopedia of the Social Sciences,* vol. 15, pp. 576-86, The Macmillan Company & The Free Press, 1968.

115 Para una caracterización más detallada de los procesos productivos y sus consecuencias sobre el cambio tecnológico, ver W. ABERNATHY y J. A. UTTERBACK: "Dynamic Model of Process and Product Innovation", *Omega,* vol. 3, Nº 6, 1975.

Debe advertirse que el sector metalúrgico tiene en Brasil un origen bastante antiguo. Desde fines del siglo pasado comenzaron a surgir los primeros talleres de montaje y reparación de máquinas importadas, en especial ligadas al sector textil, del transporte ferroviario, de productos agrícolas (principalmente café), de artículos alimenticios y de bienes de consumo no duraderos. Estos talleres se localizaron sobre todo en los alrededores de la ciudad de Río de Janeiro y en el estado de San Pablo. En la casi totalidad de los casos, la escala de operaciones era bastante reducida, si se la compara con las pautas internacionales de la época. Con el correr de los años el sector creció, acompañando el proceso de industrialización de la economía. A partir de la crisis de la década de 1930 el sector industrial brasileño contó con una fuerte protección cambiaria, que favorecía al productor local frente a la competencia internacional. En este período existía aún una infraestructura industrial precaria, en particular por la incipiente oferta de partes, componentes y bienes de capital, y porque la mano de obra era poco calificada.

La empresa que aquí estudiaremos fue fundada en la mitad de la década del veinte por inmigrantes italianos que instalaron un pequeño taller para la producción de máquinas agrícolas a unos 150 km de la ciudad de San Pablo. En esta región había una gran tradición de industrialización de productos ligados a la agricultura, y allí los fundadores de la firma asimilaron los conocimientos técnicos para iniciar sus operaciones. La empresa creció rápidamente, y en pocos años se constituyó en principal abastecedora interna de equipos para beneficiar cereales. Sus primeros modelos se basaron en otros similares importados, de mecánica muy simple y de elevado valor unitario. Los medios de producción con que esta firma contaba eran elementales, con frecuencia se recurría al mercado de máquinas de segunda mano y desde los inicios se buscó un alto grado de integración vertical, justificado por la escasa cantidad de proveedores y por las limitaciones a la importación. Al poco tiempo, los modelos de las máquinas se fueron perfeccionando y crecieron en tamaño, aproximándose bastante a los más avanzados existentes en el plano internacional. El mercado en que actúa esta empresa presentó a lo largo de estos años grandes fluctuaciones de demanda, que condujeron a una permanente búsqueda de diversificación de la producción y dificultaron los esfuerzos para obtener una mayor racionalización y especialización en el proceso productivo.

El presente trabajo se compone de seis partes, incluida esta Introducción. En la parte II examinamos el crecimiento de largo plazo alcanzado por la firma, presentando para ello índices de producción, empleo, productividad laboral y global, a fin de identificar diferentes "fases" en su historia evolutiva. En la parte III se estudia, período por período, la evolución de la firma, aportándose información estadística complementaria. En la parte IV procuramos examinar la evolución tecnológica de los productos de la empresa a lo largo del tiempo, así como evaluar los beneficios tecnológicos derivados de la creación de nuevos modelos e identificar los orígenes de dichos cambios tecnológicos en el diseño de los productos fabricados. En esta sección también examinamos de qué manera se distribuyeron los beneficios del progreso tecnológico entre esta empresa y sus clientes. En la parte V se analizan los cambios tecnológicos incorporados al proceso productivo a lo largo del tiempo, comparando la evolución de la productividad de la mano de obra en la empresa en su conjunto y en su sección de componentes de caucho, que utiliza un proceso productivo de carácter "continuo", distinto en este sentido de las demás secciones de la firma. En la parte VI se resumen las conclusiones más importantes de nuestra investigación.

II. Evolución general de la empresa

En esta parte del trabajo expondremos la evolución de largo plazo de esta empresa, procurando caracterizar diversas "fases" diferentes de comportamiento empresario. Es evidente que esta metodología implica un cierto margen de arbitrariedad. Pese a ello creemos que resulta útil en la medida en que permite identificar los principales factores internos y externos que indujeron dichos cambios en el comportamiento observado. En el Apéndice exponemos los métodos estadísticos adoptados para elaborar las diversas series estadísticas que utilizamos a lo largo del estudio[116].

Un primer rasgo que caracteriza la evolución global de esta firma es la gran expansión que experimenta el volumen de producción, el que creció a una tasa anual de 7,95 % a lo largo de 45 años (cuadros 6.1 y 6.2). En segundo lugar observamos que la productividad de la mano de obra, creció a una tasa anual de 2,5 %, y que la productividad global se mantuvo relativamente estable a lo largo de todo el período[117].

Las series presentadas en los cuadros 6.1 y 6.2, y diagramadas en los gráficos 6.1 y 6.2, indican que en esta evolución podemos identificar varias fases. La primera fase (sobre la que se cuenta con menor información que para las restantes) es la definida para el período que se extiende entre la fundación de la firma, a mediados de la década del veinte, hasta 1935. Se trataba de un pequeño taller que producía de manera artesanal, con pocos equipos, los primeros modelos de máquinas para procesar cereales. La fase siguiente, de 1935 a 1949, se caracterizó por el alto índice de crecimiento de la producción (16,7 % anual) y la consolidación de la empresa en el mercado. El volumen de capital y el nivel de ocupación también aumentaron velozmente, y las tasas de crecimiento de la productividad —tanto de la mano de obra como la global— fueron elevadas. Hubo en esta época un gran aumento en la cantidad de modelos de máquinas producidos y la firma dio pasos importantes hacia su integración vertical, incorporando nuevas secciones a su proceso productivo. La tercera fase, definida para el período 1950-1971, estuvo signada por la reducción de la tasa de crecimiento de la producción (el volumen de producción presentó suma inestabilidad de un año a otro); la productividad de la mano de obra creció en forma más lenta y se redujo la productividad global. En verdad, en esta fase pueden discriminarse subperíodos distintos entre sí, como luego veremos; no obstante, en un sentido general la empresa se estabilizó en lo que hace al tipo de producto fabricado (hubo tentativas no exitosas de penetrar en otros mercados de máquinas para la agricultura) y el proceso productivo no sufrió mayores alteraciones. La última fase, de 1972 a 1980, se singulariza porque en ella se retomó el alto ritmo de expansión anterior, así como por los cambios en la conducción de la empresa con el acceso de la segunda generación a los puestos directivos. Hubo un fuerte crecimiento del volumen de capital, destinado a la ampliación de la maquinaria y al mejoramiento de las instalaciones. La firma lanzó por primera vez máquinas no destinadas a la agricultura, de mayor complejidad tecnológica. Volvieron a elevarse en este período los índices de productividad de la mano de obra y total.

116 Presentaremos todos los datos en forma de números índices a fin de mantener la reserva sobre las informaciones obtenidas. Con el mismo propósito, ciertas informaciones no se darán en cifras exactas aun cuando se disponga de ellas —por ejemplo, la participación de la empresa en el mercado y la evolución de algunas secciones específicas—.

117 La definición de la productividad total se encontrará en el Apéndice, cuadro 6.12. Este índice mide el residuo del crecimiento de la producción no "explicado" por la acumulación de los factores del capital y trabajo.

CUADRO 6.1

Indices de la evolución de la firma

Año	Producción (Valor agregado)	Capital (instalado)	Nivel de empleo	Producción / Empleados	Capital / Empleados	Productividad total	Mat. prima / Producción	Capital / Producto
1926		11,2						
27		21,8						
28		31,6						
29		41,0	55,2					
1930		50,5	42,1					
31		60,1	52,6					
32		69,1	52,6					
33		77,8	84,2					
34		85,7	100,0					
35	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
36	64,1	103,5	89,5	71,6	115,7	82,6	135,4	161,4
37	135,1	134,2	139,5	96,8	96,2	95,9	173,6	99,3
38	183,9	175,8	186,8	98,4	94,1	96,5	166,0	95,6
39	252,3	177,4	160,5	157,2	110,5	116,0	107,7	70,3
1940	194,4	180,8	178,9	108,6	101,0	100,7	134,2	93,0
41	256,4	200,7	173,7	147,6	115,5	111,0	107,5	78,2
42	373,2	256,5	218,4	170,8	117,4	114,9	95,7	68,7
43	486,0	303,5	247,4	196,4	122,7	117,9	99,4	62,4
44	468,9	294,1	255,3	183,7	115,2	116,5	94,9	62,7
45	559,6	354,6	255,3	219,2	138,9	120,9	77,9	63,4
46	595,8	404,3	334,2	178,3	121,0	115,1	93,1	67,9
47	689,2	463,9	378,9	181,9	122,4	115,8	78,9	67,3
48	938,4	464,8	405,3	231,6	114,7	122,9	49,5	49,5
49	989,6	504,6	492,1	201,1	102,5	118,9	57,5	51,0
1950	798,0	509,4	534,2	149,4	95,4	109,0	95,7	63,8
51	719,7	508,8	457,9	157,2	111,1	110,8	69,5	70,7
52	685,0	503,5	455,3	150,5	110,0	109,0	58,5	73,5
53	884,7	517,7	473,7	186,8	109,3	115,9	54,5	58,5
54	912,9	505,2	536,6	170,1	94,1	112,7	58,4	55,3
55	785,2	520,7	476,3	164,9	109,3	111,4	73,5	66,3
1960	1.033,6	542,4	581,6	177,7	93,3	110,5	118,4	52,5
61	940,9	549,5	586,8	160,3	93,6	106,8	91,9	58,4
62	732,2	558,8	671,1	109,1	83,3	88,5	123,3	76,3
63	728,8	552,8	736,8	98,9	74,9	83,8	133,0	75,7
64	1.619,1	679,8	789,5	205,1	86,1	117,1	55,2	42,0
65	1.916,3	888,8	789,5	242,7	112,6	124,8	38,5	46,4
66	1.398,4	1.002,1	707,9	197,5	141,6	114,4	38,8	71,7
67	1.311,4	1.036,4	668,4	196,2	155,1	114,0	45,3	79,0
68	1.644,8	1.211,9	697,4	235,9	173,8	122,7	39,1	73,7
69	1.394,3	1.214,7	657,9	211,9	184,6	117,2	42,4	87,1
1970	1.599,4	1.255,2	657,9	243,1	190,8	125,0	43,4	78,5
71	1.305,5	1.262,2	715,8	182,4	176,3	108,5	47,4	96,7
72	1.626,5	1.414,4	794,7	204,7	178,0	116,5	64,3	86,9
73	1.742,3	1.777,7	973,7	178,9	182,6	106,9	79,8	102,0
74	1.532,3	2.010,3	918,4	166,8	218,9	101,4	83,1	131,2
75	1.184,5	2.675,4	921,1	128,6	290,5	75,0	97,4	225,9
76	2.020,0	3.519,0	1.131,6	178,5	311,0	102,1	47,7	174,2
77	967,7	3.744,5	784,2	123,4	477,5	54,3	102,7	386,9
78	1.409,6	4.305,2	834,2	169,0	516,1	76,7	60,2	305,4
79	2.174,8	4.763,3	1.081,6	201,1	440,4	89,8	53,5	219,0
1980	3.572,0	4.889,1	1.157,9	308,2	110,8	13,0	136,9	

Fuente: Datos proporcionados por la empresa.

GRAFICO 6.1

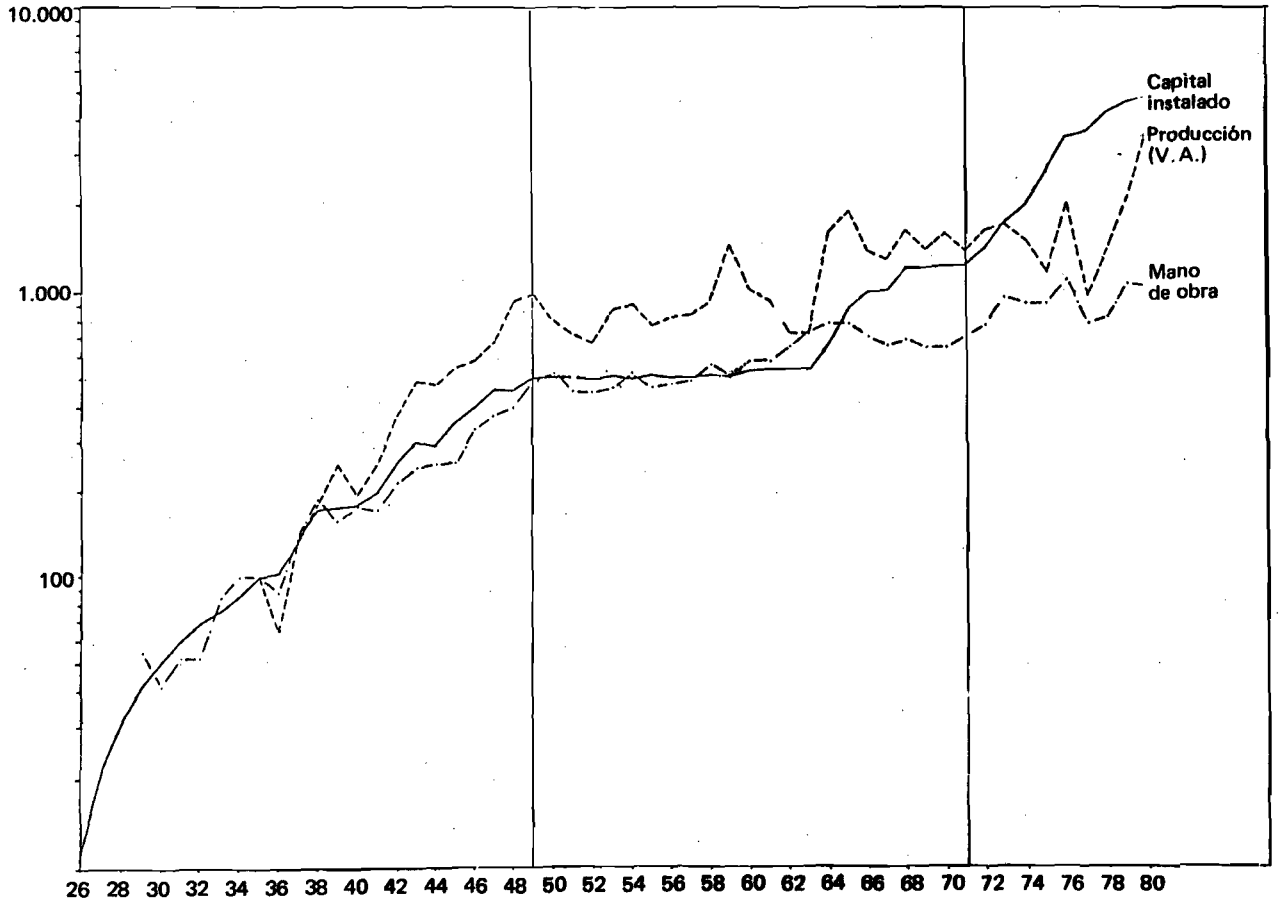
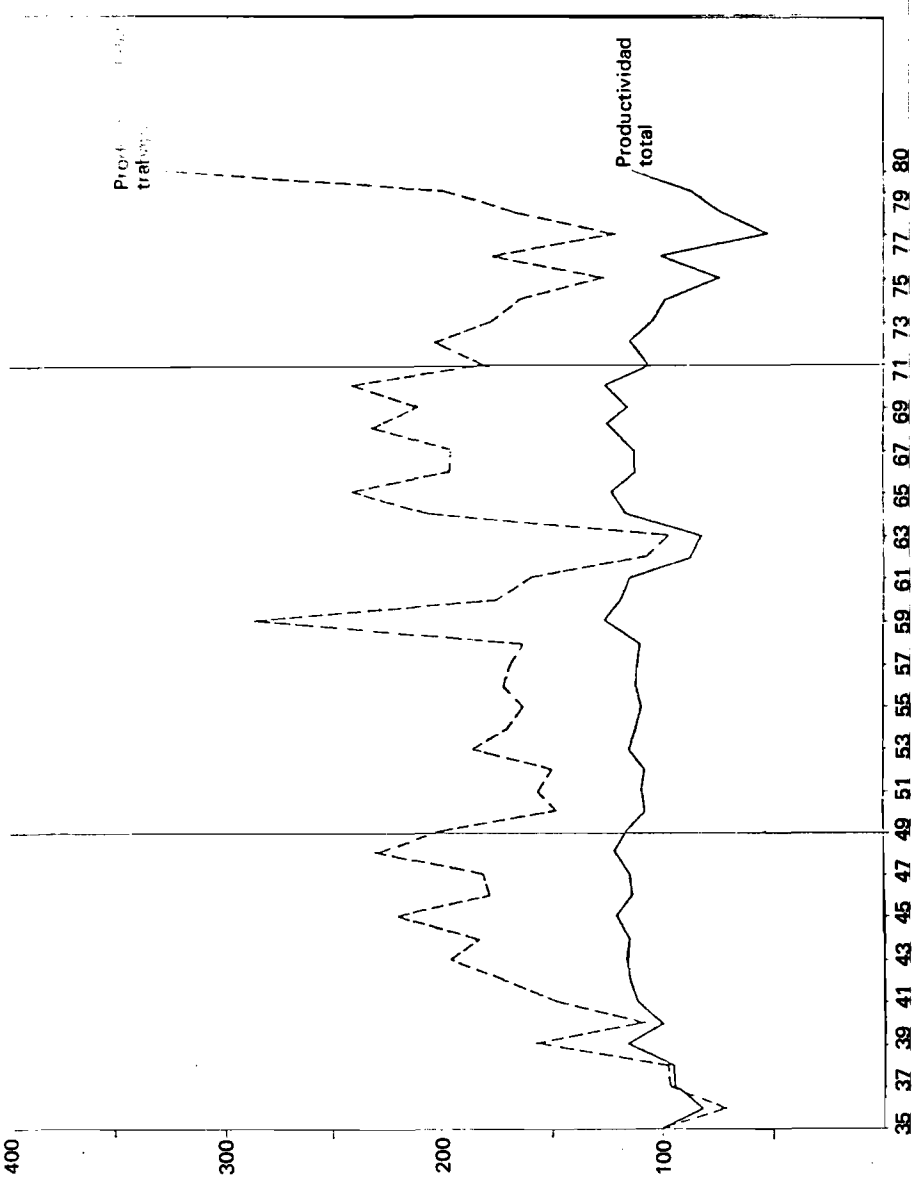

10.000
1.000
100
Capital instalado
Producción (V.A.)
Mano de obra
26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80

GRAFICO 6.2


Productividad total
400
300
200
100
35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79 80

CUADRO 6.2

Tasas de crecimiento (en %)

Período	Productividad de la mano de obra		Productividad total		Producción	
	Total	Anual	Total	Anual	Total	Anual
1935-1949	101,1	4,99	18,89	1,24	889,6	16,37
1949-1971	−9,3	−0,44	− 8,71	−0,41	31,9	1,26
1971-1980	69,15	5,84	+2,10	+0,23	173,6	11,18
1935-1980	208,49	2,50	+10,82	+1,14	3.472,0	7,95

Nota: Las tasas anuales fueron calculadas de acuerdo con la fórmula

$y_t = y_0 e^{r \cdot n}$, donde r = tasa anual, y n = número de años.

Fuente: Idem cuadro 6.1.

III. Las fases de evolución de la empresa

1. Primera fase: desde la fundación hasta 1935

Como ya dijimos, la empresa fue fundada a mediados de la década del veinte, y aunque no disponemos de informaciones más precisas, cabe afirmar que creció en grado sustancial en estos primeros años, que hubo un gran aumento del nivel de ocupación, que se multiplicó más de seis veces, y del capital, que se multiplicó casi diez veces.

El gran desafío inicial consistió en fabricar máquinas de procesar cereales con los precarios medios existentes en la firma, restringidos más todavía a raíz del escaso desarrollo de la infraestructura industrial del país. En el período de la instalación de la empresa, los equipos con que se disponía eran un torno mecánico (que representaba casi un 40 % del valor total de los equipos), una sierra de cinta y una máquina agujereadora. Había también otras herramientas simples, como una muela esmeriladora, una punzonadora, una roscadora, una cizalla para cortar chapas y dos motores eléctricos, amén de un conjunto de otras herramientas menores que representaba algo menos del 10 % del total del valor del equipamiento existente[118].

La fabricación de las máquinas de procesar cereales era poco exigente desde el punto de vista técnico, pese al alto valor unitario del producto. El modelo original se basó en uno importado de Alemania, que pudo reproducirse con los equipos mencionados.

La empresa no enfrentó mayores dificultades por la escasez de mano de obra técnica, pues aunque los fundadores carecían de instrucción formal en el área mecánica, habían tenido varios años de experiencia en una gran empresa metalúrgica de la región. El resto del personal técnico fue entrenado, de manera informal, en la propia empresa.

La comercialización de los productos se vio facilitada por la red de distribución existente en la zona, tradicional productora de máquinas agrícolas, en especial vinculadas

[118] En el cuadro 6.19 del Apéndice se detallan las máquinas y herramientas existentes en diversos años.

con la explotación del café. Las dificultades que existían derivaban del escaso desarrollo del sector financiero, ya que prácticamente se carecía de financiación de largo plazo, y esto se agravaba a raíz del alto valor unitario de las máquinas de procesar cereales.

Al poco tiempo la empresa comenzó a modificar el modelo original. El primer paso consistió en lanzar otro modelo más compacto, con el cual los clientes podían economizar espacio en sus instalaciones fabriles. Esto constituyó una gran ventaja en relación con la competencia, y fue la única patente registrada en el período. Aunque la firma no fue pionera en la producción de máquinas de procesar cereales en el país, al término de este período contaba con una alta participación en el mercado.

Con el correr de los años el producto básico se volvió cada vez más complejo, incorporando nuevos accesorios y piezas, lo que permitió mejorar la calidad del cereal procesado. Inicialmente, la máquina estaba compuesta por el descascarillador de piedra de esmeril, el cribador de impurezas y los bruñidores. Al expandirse el mercado y aumentar las exigencias de calidad, la firma incorporó aventadoras (**"trieurs"**, separadoras de los cereales según su diferente calidad), pulidores y brilladoras[119]. Concomitantemente, se modificó el proceso productivo ante la necesidad de crear máquinas especiales en la propia empresa (como las destinadas a fabricar la aventadora[120] y a llenar los bruñidores) o adaptar otras de tipo universal a las condiciones específicas de esta producción (como sucedió con un torno para hacer bruñidores)[121].

Estos son algunos ejemplos de los que se guarda memoria sobre pequeñas adaptaciones del producto y del proceso, que se repetirían a lo largo de toda la historia de la empresa.

La incorporación de los nuevos accesorios y piezas tuvo que ver con innovaciones ya conocidas en los países de avanzada tecnológica pero, aun así, conseguir reproducirlos en las condiciones del país era un desafío considerable. Había una relativa claridad de ideas sobres los caminos por seguir, debido a que el mercado exigía el perfeccionamiento de la calidad del cereal procesado, y a que el ejemplo de las máquinas importadas fijaba metas precisas. El conocimiento técnico requerido era de la misma índole del que implicaba la fabricación de la máquina, y estaba íntimamente relacionado con las características del diseño básico. Trátase, por todo esto, de modificaciones técnicas compatibles con la "teoría de las trayectorias naturales"[122], según la cual toda etapa de cambio técnico guarda bastante relación con la anterior, exigiendo a cada paso la resolución de problemas similares.

En este período se diseñaron también modelos de mayor capacidad productiva[123], que exigieron soluciones técnicas cada vez más complejas. Fue un lapso de intenso perfec-

[119] No fue posible determinar la fecha exacta en que acontecieron estas innovaciones en el producto, pero fueron con seguridad anteriores a 1950, cuando el fundador de la empresa responsable de su parte técnica comenzó a apartarse de ella.

[120] Este ejemplo muestra la interrelación entre los cambios tecnológicos del producto y del proceso, pues la demanda exigió la máquina aventadora y la empresa modificó su proceso productivo a fin de atender dicha demanda con mayor eficiencia técnica (carecemos de informaciones acerca de sus efectos económicos).

[121] En el cuadro 6.19 del Apendice se hallarán los equipos con que contaba la empresa en 1935; allí se registra la presencia de estos elementos.

[122] Ver N. ROSENBERG: *Perspectives on Technology,* Cambridge University Press, 1976.

[123] Más adelante (en la parte IV) procuraremos mostrar que la ampliación de la capacidad productiva de la empresa le trajo a ésta beneficios tecnológicos.

cionamiento técnico, de aprendizaje, en que cada nuevo paso se apoyó en los anteriores. La teoría tradicional del "learning by doing" [aprender haciendo][124] tiende a suponer que en los primeros años de funcionamiento de una empresa se experimentan reducciones en los costos de producción para un producto determinado (y puede suponerse que tal es lo que ocurrió en este caso y en este período, aun cuando no contemos con informaciones precisas). Pero este ejemplo indica que el proceso de aprendizaje no se limita a la producción de un producto dado: también se aprende a producir modelos nuevos, más complejos que los anteriores, y aun a producir otros artículos cuyo proceso productivo guarda alguna semejanza con los ya elaborados.

Al término de este período, la firma contaba con un equipo bastante más numeroso, lo que atestigua la intensidad del volumen de inversión. Pese a ello seguía siendo un taller pequeño. En 1935 disponía de cuatro tornos mecánicos, una soldadora eléctrica, una roscadora, además de las máquinas especiales para fabricar la aventadora, el torno para hacer bruñidores y la máquina descascarilladora, mencionadas antes (en el cuadro 6.19 del Apéndice se detallan todos los equipos existentes).

Estas inversiones pudieron introducirse en forma paulatina y sin alterar demasiado la organización de la producción, que permaneció centralizada en una única persona, con dos encargados directos en la parte de producción. Los nuevos equipos brindaron la posibilidad de ejecutar otras tareas o de realizar las mismas con mayor eficiencia (en materia de tiempo y de precisión). Permitieron también, a todas luces, incrementar la capacidad productiva de la empresa.

2. Segunda fase: de 1935 a 1949

Para este período se dispone de información más completa. Hubo en él una gran expansión de la firma, que creció a tasas que más adelante no se repetirían, transformando el antiguo taller en una empresa de mediano tamaño. El volumen de producción pasó de 100,0 en 1935 a 989,6 en 1949, al par que la expansión del número de empleados y del capital tuvo índices altos, aunque inferiores al del volumen de la producción, con lo cual se elevó la productividad de la mano de obra. Pero incluso en un período de gran crecimiento como éste hubo años de caída de la producción, como 1936, 1940 y 1944, a raíz de las grandes fluctuaciones de la demanda a que está sujeto este tipo de mercado. El nivel de ocupación descendió en 1936, 1939 y 1941, y parece haber sido en este período el factor de ajuste ante contracciones en el volumen de producción en el corto plazo, pues el equipo de capital creció en forma persistente a lo largo del tiempo. La productividad de la mano de obra se multiplicó más de dos veces en el período, aunque año tras año hubo fuertes fluctuaciones, descendiendo en los años que disminuyó la demanda. La productividad total mostró un crecimiento de 18,9 %, no explicable por la acumulación de capital y trabajo.

En este lapso la firma consolidó tanto los modelos de máquinas fabricadas como su proceso productivo. Las innovaciones en producto y en la integración del proceso productivo alcanzaron límites que sólo serían superados en la década de 1970[125].

[124] Ver el trabajo de K. ARROW: "On the Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies,* junio de 1962.

[125] Durante este período se consolidó la estructura de la oferta de máquinas de procesar cereales. Todas las firmas hoy existentes fueron fundadas en su transcurso, y sólo una de ellas (la más antigua) abandonó este mercado.

En 1936, la empresa contaba ya con seis modelos de máquinas de procesar cereales (entre ellos, algunos de alta capacidad productiva) y seguía muy activa en cuanto a la generación de nuevos productos[126]. En 1938, con el lanzamiento de otros dos modelos, prácticamente cesó de diseñar nuevas máquinas. A partir de entonces las mayores innovaciones del producto fueron los clasificadores de cereales, en sustitución de sus similares importados —la Segunda Guerra Mundial creó grandes dificultades para esa importación— y un nuevo tipo (incorporado en 1948) de descascarillador de cereales para el modelo tradicional, que pasó a ser de caucho; esto exigió la elaboración de fórmulas químicas, y representó para la empresa incursionar en un área totalmente nueva. Se trataba de un avance reciente en el Japón, muy pronto asimilado[127]. La firma patentó tres de estas invenciones de productos y una de proceso (ver el cuadro 6.6).

Se continuó fabricando otros productos ligados a la agricultura, como las máquinas para extraer aceite de naranja, las destinadas a beneficiar el maíz y las picadoras de mandioca; pero con el correr del tiempo todas estas máquinas fueron abandonadas; eran de menor complejidad técnica y también de menor valor unitario. El proceso productivo experimentó grandes modificaciones en este período debido al gran volumen de inversiones en capital fijo y a la política de integración vertical adoptada. Asimismo, el traslado a nuevas instalaciones, ocurrido alrededor de 1943, contribuyó a este proceso, que transformó el antiguo taller en una empresa mediana.

a. Las inversiones

El capital fijo total, además de su elevada tasa de crecimiento, sufrió en este período una importante recomposición (cuadro 6.3). Las inversiones crecieron proporcionalmente más en el rubro "Vehículos", debido a los esfuerzos realizados para la comercialización de los productos y a la precaria situación general de la economía en materia de transportes. Hubo también un crecimiento bastante más elevado de las inversiones en "Muebles y útiles", a raíz de la expansión más que proporcional del área administrativa de la empresa. Este rubro se incrementó aun en períodos de retracción de la demanda, lo que significó para la empresa una forma de adaptarse para evitar despidos, utilizando su carpintería a fin de fabricar muebles para el consumo interno[128]. El ítem "Máquinas y herramientas" pasó de un índice de 100,0 en 1935 a 379,3 en 1949, y la mayor parte de estas inversiones tuvieron lugar a partir de 1940 —desde 1942 debió invertirse en la instalación de los sectores de fundición y de caucho, que exigían otro tipo de maquinarias—. Los datos reunidos en el cuadro 6.19 del Apéndice muestran los tipos de máqui-

[126] No es posible cuantificar la cantidad de recursos utilizados en estas investigaciones de nuevos productos (y de nuevos procesos productivos), dado que no existía ninguna sección especializada en dicha tarea. La misma estaba principalmente en manos del fundador responsable de la parte técnica y de sus auxiliares directos.

[127] La empresa tomó conocimiento de este producto gracias a un calendario que registraba el lanzamiento de la novedad.

[128] Este tipo de procedimientos fue frecuente en la evolución de la empresa. En períodos de retracción de la demanda, utilizaba su mano de obra para fabricar máquinas especiales, mejorar las instalaciones, construir muebles y otras actividades, como la búsqueda de nuevos modelos y productos —que podemos asociar con la "investigación y desarrollo", aunque no existiera ninguna categoría formal que designara este clase de actividades—. Más adelante volveremos sobre estos puntos.

CUADRO 6.3

Composición del capital

Años	Inmuebles	Máquinas y herram.	Muebles y útiles	Vehículos	Biblioteca	Matrices	Modelos	Instalaciones	Edificios en constr.	Laboratorio	Total
1926	10,5	11,8	12,9	16,5							11,2
27	20,6	22,9	25,4	31,6							21,8
28	30,5	31,9	37,5	45,6							31,6
29	40,1	40,5	49,3	58,4							41,0
1930	49,3	50,1	60,7	70,2							50,5
31	58,3	60,5	71,8	81,0							60,1
32	67,1	69,8	82,5	91,0							69,1
33	75,5	78,7	92,9	100,2							77,8
34	83,7	86,0	103,1	108,7							85,7
35	100,0	100,0	100,0	100,0							100,0
36	97,3	92,0	116,3	342,5							103,5
37	139,0	97,0	124,8	511,1							134,2
38	188,3	107,7	189,9	756,8							175,8
39	182,6	99,1	263,4	975,5							177,8
1940	193,8	94,0	255,5	927,2							180,8
41	209,6	106,6	275,3	853,0							200,7
42	304,3	122,0	349,1	825,5							256,5
43	350,1	163,2	577,3	794,5							303,5
44	339,6	157,9	593,1	730,9							294,1
45	444,1	152,8	640,8	672,5							354,6
46	430,8	288,2	653,5	1.053,7							404,3
47	470,3	305,8	770,7	2.032,2							463,9
48	473,2	310,2	843,1	1.869,6	100,0						464,8
49	477,7	379,3	950,5	2.241,2	193,5						504,6
1950	463,3	389,1	994,6	2.545,4	194,6						509,4
51	453,9	391,6	1.043,0	2.669,3	225,8						508,8
52	440,3	415,2	1.060,0	2.455,7	207,5						503,5
53	427,2	422,9	1.145,4	3.082,3	231,2						547,7
54	417,8	405,2	1.226,4	2.969,6	327,9						505,2
55	412,9	417,4	1.309,3	3.376,4	1.002,2						520,7
56	400,5	400,2	1.284,8	3.720,4	1.115,1						516,2
57	411,6	402,5	1.331,6	3.422,8	1.092,5						516,8
58	404,9	420,9	1.345,7	3.550,5	1.368,8						523,4
59	392,8	411,4	1.538,5	3.428,3	1.333,3						514,7
1960	394,1	495,1	1.499,9	3.387,9	1.340,9						542,4
61	382,3	555,7	1.520,0	3.116,9	1.315,1						549,5
62	382,8	594,8	1.604,2	2.867,5	1.256,9						558,8
63	372,8	602,2	1.693,7	2.638,1	1.398,9						551,8
64	361,6	724,0	1.973,0	2.583,5	1.335,5				100,0		679,8
65	350,8	745,4	2.168,2	5.368,6	1.341,9				247,1		888,8
66	340,3	797,5	2.271,0	5.610,3	1.533,5				353,5		1.002,1
67	330,9	790,1	2.251,3	6.025,9	1.646,2			100,0	379,6		1.036,1
68	321,0	1.034,7	2.414,7	7.857,8	1.921,5			103,6	427,8		1.211,9
69	311,4	996,0	2.397,3	8.185,4	1.965,6			136,8	440,2		1.214,7
1970	302,0	1.065,2	2.608,6	8.850,7	2.209,7			193,1	431,7		1.255,2
71	293,0	1.022,6	2.805,9	9.630,3	2.570,9		100,0	193,4	428,3		1.262,2
72	284,2	1.449,2	3.723,1	9.088,3	3.601,1		91,9	201,2	425,3		1.414,4
73	322,6	1.677,5	4.454,1	10.160,5	5.976,3		129,9	195,2	667,7		1.777,7
74	365,4	1.905,6	4.882,7	10.027,8	5.293,5		119,5	189,3	806,9		2.010,3
75	354,5	2.520,3	6.953,6	11.157,1	8.696,8	100,0	6.620,7	183,7	966,9	100,0	2.675,4
76	343,8	3.233,0	8.332,5	13.743,1	9.559,1	91,9	6.558,2	178,2	1.544,2	97,0	3.519,0
77	333,5	3.161,4	9.467,0	15.086,4	9.478,5	152,5	6.141,8	267,4	1.746,7	94,1	3.744,5
78	335,7	3.540,0	11.938,4	16.379,6	10.022,5	153,7	5.980,4	259,4	2.129,1	91,2	4.305,2
79	348,1	3.934,6	13.512,0	18.335,4	10.359,1	190,2	5.755,3	251,6	2.376,4	88,5	4.763,3
1980	323,7	3.928,7	16.598,8	16.630,9	10.054,8	211,0	5.396,8	244,9	2.504,2	85,4	4.889,1

Fuente: Idem cuadro 6.1.

nas incorporadas entre 1935 y 1942, último año para el que contamos con una descripción completa de la maquinaria disponible. Puede observarse que las inversiones se efectuaron mediante pequeños agregados al stock existente, pero en total representaron más que una duplicación del stock disponible a comienzos del período. Entre 1935 y 1938 se adquirieron una respigadora, una aplanadora, una lijadora, una máquina para atornillar y dos dobladoras. En 1939 había, adicionalmente, una perforadora de chapas, otra punzonadora, una cepilladora de hierro y otra de madera. En 1942 los registros indican la existencia de otro torno mecánico y una prensa. El torno y los tres motores, ítems importantes de la inversión técnica, fueron adquiridos de segunda mano. El rubro "Inmuebles" mostró una tasa de crecimiento superior a "Máquinas-herramientas" a raíz de la adquisición de un terreno y de las inversiones efectuadas en el cambio de instalaciones.

b. La integración vertical

Debido en parte al escaso desarrollo de la infraestructura industrial, la firma buscó intensamente su integración vertical. Alrededor de 1944 estableció su propia fundición, y al año siguiente instaló una sección de caucho; ambas estaban destinadas a la mayor integración vertical del proceso productivo[129]. La justificación era que los abastecedores ofrecían plazos, precios y calidad de servicios inadecuados. Como el mercado de las máquinas para procesar cereales era pequeño y estaba poco estandarizado en cuanto a modelos, había problemas para obtener piezas y componentes tan simples como tornillos y bisagras, y la empresa decidió producirlos internamente, junto con las máquinas y herramientas especialmente destinadas a este tipo de proceso productivo.

Durante la Segunda Guerra Mundial hubo gran escasez de materias primas, combustibles y productos finales, lo que llevó a la empresa a utilizar chapas de segunda mano, a sustituir gasolina por gas[130] y a lanzar sus clasificadores para cereales, antes importados. La ampliación de la capacidad instalada exigía, debido a la falta de máquinas-herramientas en el mercado interno, reformar las máquinas de segunda mano. Estas soluciones implicaron adaptar procesos y productos en un ambiente de restricción en cuanto a las materias primas y bienes de capital, de un modo compatible con el nivel técnico-empírico prevaleciente. No obstante, terminada la Segunda Guerra se produjo una gran incorporación de máquinas-herramientas, lo cual indica que dichos procedimientos no fueron suficientes para atender la totalidad de la demanda, reprimida en años anteriores.

3. Tercera fase: de 1950 a 1971

En este período se redujo la tasa de crecimiento de la producción, y aun en cifras absolutas la producción disminuyó en varios años. La productividad de la mano de obra

[129] Los cambios en el proceso productivo básico introducen una distorsión en los índices de productividad de la empresa, ya que la nueva línea de producción, que incluye una fundición y una sección de caucho (importantes dentro de la estructura de la firma en cuanto a la utilización de mano de obra y de capital), no es estrictamente comparable con la anterior. Otro factor que impide establecer comparaciones precisas es la modificación en la composición de los productos.

[130] Como vimos anteriormente, la empresa fabrica ella misma las máquinas para elaborar el gasógeno o "gas pobre".

aumentó lentamente, viéndose perjudicada también por la inestabilidad de la demanda. La productividad total disminuyó un 8,71 % en el período (cuadro 6.2). Lo cierto es que esta fase abarca tres momentos relativamente diferentes, determinados principalmente por el comportamiento de la demanda, que detallaremos a continuación.

3.1. La fase de 1950 a 1958

En este período el volumen de producción se redujo en un 5,93 % (cuadro 6.4), oscilando siempre por debajo del valor alcanzado en 1949, al par que el nivel de empleo creció lentamente a principios del período y tendió a oscilar en torno de este valor, logrando al final del mismo un nivel superior al de 1949. La productividad de la mano de obra mermó en un 18,85 %. El volumen de capital permaneció relativamente constante, y el indicador de productividad total también mantuvo una gran estabilidad, aunque disminuyó en alrededor de un 6,47 % entre el comienzo y el fin del período.

CUADRO 6.4
Tasas de crecimiento (en %)

Período	Productividad de la mano de obra		Productividad total		Producción	
	Total	Anual	Total	Anual	Total	Anual
1949-1958	– 18,55	– 2,28	– 6,47	– 0,74	– 5,93	– 0,68
1958-1965	48,17	5,62	12,20	1,64	105,85	10,31
1965-1971	– 24,85	– 4,76	– 13,01	– 2,32	– 31,87	– 6,40

Fuente: Idem cuadro 6.1.

Fue, pues, una etapa llena de dificultades. La competencia se agudizó por el estrechamiento del mercado y una de las actitudes adoptadas consistió en salir en busca de nuevos mercados de productos ligados a la agricultura. Como los equipos utilizados por la firma eran de tipo universal, esto la volvía bastante flexible para la producción de diversos ítem, en especial en sus secciones más importantes, como las de carpintería, fabricación y fundición.

Hubo una intensa actividad de patentamiento, tanto en la línea tradicional como para garantizar la penetración en otros mercados. Entre las veinte patentes de invención registradas por la firma (en su mayoría, de equipos ligados a la agricultura), trece se produjeron en este lapso; entre las quince patentes de perfeccionamiento, ocho corresponden a él. Una parte de las patentes no llegaron a ser utilizadas[131], pues en algunos casos correspondían a productos que se hallaban en su fase de ensayo y que fueron abandonados luego, al no encontrárseles perspectivas más promisorias. Esta búsqueda de diversificación

[131] Este tipo de comportamiento se ha observado en otros sectores y países; ver C. VAITSOS: "Employment Effects, Foreign Direct Investment in Developing Countries", *Ford Foundation Conference on Technology and Employment,* Nueva Delhi, 1973.

de la producción fue bastante constante a lo largo de la evolución de la empresa, que siempre buscó nuevos caminos de crecimiento y procuró no concentrar toda su actividad en un mercado que presentaba grandes oscilaciones de demanda.

El proceso productivo se mantuvo prácticamente inalterado. Las inversiones en maquinarias fueron casi nulas, pues la capacidad productiva no era plenamente utilizada debido a la retracción de la demanda. La organización del proceso productivo se complicó en virtud de las tentativas de diversificación de la línea de productos. El fundador responsable de la parte técnica se fue apartando cada vez más de la producción misma, que comenzó a ser dirigida, a nivel de fábrica, por un jefe formado en la propia empresa, que carecía de instrucción mecánica formal[132].

3.2. La fase de 1959 a 1965

En esta fase, el crecimiento de la producción volvió a acelerarse, alcanzando el valor anual promedio de 10,31; este progreso fue interrumpido entre 1961 y 1963, años durante los cuales mermó el nivel de producción (cuadro 6.4). La mano de obra ocupada creció de manera permanente y su productividad aumentó un 48,17 % en el período (a una tasa media anual de 5,62 %), pese a las caídas de la producción en 1961 a 1963. El índice de productividad total también acusó un aumento de 12,20 %. Asimismo, esta fase se caracterizó por la alta tasa de rentabilidad, la que daría origen a un salto en materia de capitalización a partir de 1964.

Al volver a crecer la demanda de máquinas de procesar cereales, la empresa dejó de salir en busca de nuevos mercados. Cesó prácticamente el patentamiento, sucediéndose apenas dos registros de patentes de perfeccionamiento y ninguno de producto.

Los fondos acumulados se canalizaron en un comienzo hacia el reequipamiento y la ampliación de la capacidad instalada, y a partir de la segunda mitad de este período, se aplicaron a un segundo cambio de instalaciones.

Según muestra el cuadro 6.3, en los comienzos de este período creció en grado sustancial el rubro "Máquinas y herramientas". Se trataba de máquinas de mejores especificaciones técnicas (en materia de precisión y de velocidad de funcionamiento), pero que seguían siendo de tipo universal; se aceleró así el proceso de mejoramiento de la maquinaria disponible, lo cual permitió también aumentar la calidad de las máquinas de procesar cereales, aunque no hubo en estos años ninguna modificación sustantiva en el producto.

La mudanza a las nuevas instalaciones[133] se realizó sin ningún estudio detenido; la nueva planta sólo era una reproducción de la anterior, sólo que en escala más amplia. El traslado estuvo a cargo del responsable de la parte técnica, que como vimos no poseía instrucción formal. A partir de 1964 creció notoriamente el volumen de fondos empleados en la construcción de los edificios que exigía la nueva planta.

[132] El retiro del fundador responsable de la parte técnica, que era además la figura dominante de la empresa, no significó sólo la pérdida de una persona calificada; además de verse perjudicada la producción, se sufrió la ausencia de un individuo que gozaba de más autonomía para tomar decisiones.

[133] La mudanza no fue total, ya que algunas secciones, como la de fundición, ya se encontraban instaladas en la nueva planta.

Este proceso de mudanza fue lento, como consecuencia de lo cual las nuevas instalaciones y el reequipamiento sólo promovieron grandes modificaciones en la productividad de la mano de obra varios años más tarde; la mudanza no exigió modificar la organización de la producción, que siguió centralizada en pocas personas y manteniendo "islas" de máquinas[134].

3.3. De 1966 a 1971

También en este período hubo retracción de la demanda. El pico de producción de 1965 no volvería a ser alcanzado en los años siguientes, pese a los incentivos para la comercialización de las máquinas provenientes del financiamiento del FINAME[135].

El volumen de producción se redujo en un 31,87 %, y cayó también la productividad de la mano de obra en un 24,85 % y la productividad total en 13,01 %. No obstante, la firma continuó inviertiendo, por los fondos acumulados en años anteriores y porque el traslado a las nuevas instalaciones exigió un volumen de inversión relativamente independiente del comportamiento de la demanda.

En estos años la empresa empezó a exportar a países limítrofes de América Latina, en una tentativa de conquistar nuevos mercados[136]. Se retomó el proceso de patentamiento, con dos patentes de invención que serían bastante utilizadas más adelante, y otras dos de perfeccionamiento. Por iniciativa de un miembro de la segunda generación se contrató en 1966 una empresa de consultoría (filial de una multinacional) para que hiciera un diagnóstico de la situación de la firma; este diagnóstico terminó indicando un bajo nivel de organización, principalmente desde el punto de vista administrativo, más bien que desde el punto de vista técnico[137]. Las sugerencias para la reorganización propuesta se consideraron excesivamente onerosas, y la firma optó por archivar los resultados de este trabajo y olvidarse de ellos. Se lanzaron también nuevas máquinas de gran envergadura, pues el mercado empezaba a exigir este tipo de producto, pero no fueron patentadas.

[134] Dentro de este sector, la mayor empresa existente en el mundo es japonesa; fotos recientes de su planta, halladas en sus catálogos, revelan que también en ella el proceso productivo se sirve de "islas" de máquinas (tornos, taladradoras, etc.).

[135] En diciembre de 1964 el Banco Nacional de Desarrollo (BNDE), a través de su agencia FINAME, comenzó a financiar la adquisición de máquinas y equipos industriales; esto amplió las posibilidades de comercialización de las máquinas de procesar cereales, contándose incluso con subsidios para el pago de intereses.

[136] La empresa no adoptó una política agresiva para penetrar en mercados externos, —no obstante lo cual los clientes la buscaban como proveedora a raíz de la precaria oferta de sus productos en los mercados de países vecinos, los grandes incentivos oficiales a la exportación y la buena reputación de que gozaban sus artículos por razones de calidad—.

[137] Este diagnóstico señaló dificultades de organización en los niveles medios de dirección. El personal con mayores responsabilidades quedaba atascado por la cantidad de tareas y no delegaba facultades en sus subordinados. La falta de un sistema de información tornaba imposible un mayor control de cualquier actividad. En los últimos años se comprobó la necesidad de capataces (más que de obreros calificados) y de personal de control (en los depósitos y en las secciones de compras y pedidos), así como la falta de verificación de tiempos y métodos. Sólo en 1980 la empresa creó un departamento de planeamiento y control de la producción.

4. Cuarta fase: de 1972 a 1980

En este último período el volumen de producción volvió a crecer a tasas elevadas (tasa media anual de 11,18 %), sufriendo una vez más, grandes oscilaciones de demanda. La productividad de la mano de obra creció a una tasa anual de 5,84 % anual, valor en el que gravita fuertemente lo sucedido en 1980. La productividad total aumentó 2,10 % en el período y el volumen de capital creció rápidamente, haciendo que la firma operara con altos índices de capacidad ociosa (ver el cuadro 6.2).

En los inicios de este período, una segunda generación de directivos asumió el comando de la firma, modificando al poco tiempo sus rumbos tradicionales. La demanda de los productos convencionales sufrió una recomposición, aumentando la demanda de máquinas de mayor tamaño y también la de máquinas pequeñas —en desmedro de la de máquinas medianas—. La empresa se lanzó por vez primera a producir máquinas no agrícolas.

a. Cambios en la administración

Como ya dijimos, alrededor de 1972 una segunda generación asumió la dirección de la empresa. Tratábase de un grupo de hombres bastante jóvenes (cerca de 30 años), todos ellos de largo entrenamiento en la propia empresa y con formación de nivel superior, aunque no en la parte técnica de la producción. Eran economistas, abogados y administradores de empresas.

Estos hombres intentaron abandonar el exclusivo interés por los aspectos técnicos y mecánicos que caracterizaba a la anterior generación. A poco andar, se reorganizó la contabilidad, detallando en forma más precisa el costo de los productos y utilizando sistemas de computación en las oficinas para controlar la parte contable y las planillas de pago[138].

No obstante, no puede hablarse con propiedad de una quiebra del patrón de comportamiento que prevalecía anteriormente. La mano de obra más antigua, sobre todo la de mayor nivel jerárquico[139], permaneció en la empresa, y con ellos lo sustancial de la experiencia mecánica acumulada.

La nueva dirección adoptó asimismo la decisión de ampliar la línea de productos, entrando al mercado de máquinas-herramientas[140], el que involucra una complejidad

[138] En una conversación personal con los administradores actuales se puso de manifiesto que los antiguos directivos se oponían a este tipo de inversiones, comparando su costo con el de los tornos.

[139] Los responsables principales de la parte técnica (los jefes de las secciones de "carpintería", "fabricación", "hojalatería", "fundición", "piedras" y "proyectos") continuán en la firma, aun cuando algunos ya se jubilaron. Los jefes más jóvenes son solamente los de las secciones de "caucho", "mantenimiento", "herramientas" y "máquinas no agrícolas". Incluso en la parte administrativa (como por ejemplo en "ventas" y en "contabilidad") se encuentran directivos antiguos.

[140] Se trata de bienes que la empresa empleaba en su proceso productivo y que, dentro de su estrategia de integración vertical, pasó a producir para su propio consumo y luego para el mercado. Aunque estos productos no poseen la alta complejidad del sector de máquinas-herramientas del Brasil, son más sofisticados que los productos tradicionales. Dicho sector tenía altas tasas de crecimiento, y había en la región firmas especializadas en estos tipos de productos, lo cual facilitó la obtención de mano de obra calificada.

tecnológica mucho mayor. Se volvió entonces indispensable contratar a técnicos más calificados y adquirir máquinas de especificaciones más rígicas, que gravitaron sobre los propios procesos de producción de los modelos tradicionales (ver parte V).

Dado que en este período se contó con gran disponibilidad de fondos, se vio muy facilitada la tarea de modernización, favoreciendo las inversiones. Así fue que se construyó un edificio para las oficinas administrativas, se adquirieron numerosas máquinas y se alteró la política de comercialización con la instalación de filiales. Además, se compró una hacienda.

Hacia el final del período hubo tentativas de abandonar la rígida política de integración vertical, admitiendo que el mercado de abastecedores ya no era el mismo de años atrás y que se podía contar con buenos servicios del sector de fundición, que empezaron a ser aprovechados. Procuró mejorarse la calificación de la mano de obra, contratando técnicos para la sección de planeamiento y control de la producción, amén de un ingeniero. Los directivos intentaron comenzar la producción en lotes aplicando dicha idea a una máquina de procesar cereales de menor tamaño[141].

Estas medidas representan un nuevo tipo de visión de largo plazo, que apenas comenzó a esbozarse con mayor nitidez en los últimos años, aunque ya haya modificado los rumbos seguidos por la firma.

b. Modificaciones del lado de la demanda

Hacia 1973 comenzaron a gestarse cambios importantes en la demanda de máquinas de procesar cereales. Las pequeñas unidades de producción se organizaron en cooperativas, y nuevos grupos económicos de envergadura empezaron a invertir en esta esfera

CUADRO 6.5

Indice de producción en kg por grupo de máquinas (en %)

Año	Máquinas pequeñas	Máquinas medianas	Máquinas grandes	Total
1970	5	71	24	100
1971	5	68	27	100
1972	5	69	26	100
1973	8	68	24	100
1974	23	45	32	100
1975	22	48	30	100
1976	21	41	38	100
1977	22	32	46	100
1978	23	37	40	100
1979	31	41	28	100
1980	22	45	33	100

Fuente: Idem cuadro 6.1.

[141] Al tiempo que se pasó a producir este modelo en lotes, se procuró utilizar en mayor medida el hierro en sustitución de la madera, debido al costo creciente de esta última y a la escasez de carpinteros en el mercado.

(cuadro 6.5). El mercado pasó a exigir máquinas de mayor tamaño, más productivas y cuyo producto final fuese de mejor calidad[142]. Algunos de estos modelos ya eran fabricados, esporádicamente, desde muchos años atrás, y otros fueron creados para atender a segmentos específicos del mercado. La empresa invirtió grandes recursos con miras a satisfacer esta demanda; era indispensable que modernizara su maquinaria pues los equipos de mayor tamaño son también más exigentes en materia de precisión. Se modernizó la sección de proyectos, se resolvieron innumerables problemas vinculados con el sistema de refrigeración y de transmisión y se introdujeron muchas otras pequeñas innovaciones en las máquinas de procesar cereales.

IV. Cambio tecnológico del producto

En esta sección procuraremos analizar las principales innovaciones en el producto que tuvieron lugar a lo largo de la evolución de la empresa. Comenzaremos por un análisis global de tales innovaciones, y a continuación mediremos los beneficios provenientes del lanzamiento de nuevos modelos de máquinas de procesar cereales, tratando incluso de verificar las fuentes de tales beneficios, a nivel de secciones. Finalmente, nos ocuparemos de la forma en que dichos beneficios se distribuyeron entre la empresa y sus clientes.

1. Las innovaciones en el producto

En materia de tecnología de productos la conducta de la firma se caracterizó por ir desde lo simple hacia lo más sofisticado a lo largo del tiempo. En un comienzo, la evolución técnica de la máquina de procesar cereales pone bien de manifiesto esta tendencia; luego veremos que sucedió lo mismo con los otros productos lanzados por la firma al mercado.

a. Evolución de la máquina de procesar cereales

Los primeros modelos de máquinas de procesar cereales eran bastante similares a los importados; sus modificaciones más importantes eran un cambio en el diseño a fin de tornar la máquina más compacta y poder economizar así espacio en las instalaciones de los clientes, así como la sustitución de sus partes metálicas (la estructura, los elevadores, etc.) por madera[143].

El procesamiento estaba básicamente constituido por las actividades de limpieza del cereal, su bruñido y la clasificación del producto según sus especificaciones, principalmente su tamaño. Desde el punto de vista de la producción, las restricciones más

[142] La reestructuración de la demanda significó una mayor concentración en la producción de máquinas pequeñas (favoreciendo la producción en lotes) y de máquinas grandes.

[143] En este período hubo escasez de hierro en el mercado interno, y en gran parte se lo importaba; por el contrario, la oferta interna de madera era más abundante. Además, la madera podía trabajarse con equipos más simples, no había limitaciones en la oferta de mano de obra para trabajos en madera y su mantenimiento era más fácil para los clientes.

importantes eran lo reducido del equipo de trabajo disponible, la falta de materias primas de calidad homogénea y el escaso grado de desarrollo de los abastecedores de piezas y repuestos, como ya apuntamos. No hubo mayores dificultades en lo tocante a la calificación de la mano de obra, ya que el fundador de la firma y sus hermanos, a pesar de no contar con instrucción técnica formal, habían trabajado muchos años en una gran empresa de la región que fabricaba máquinas más complejas[144]. Es evidente que hubo un período de adaptación de estos conocimientos a la producción de las máquinas para procesar cereales, aun cuando estas últimas no exigiesen un nivel mecánico muy elevado. A poco andar, el modelo básico incorporó nuevas piezas y accesorios que mejoraron el rendimiento de la máquina y, en consecuencia, la calidad del cereal procesado. Por ejemplo, se incluyó una descascarilladora de piedra antes de la fase de bruñido. Más adelante se lanzaron modelos de mayor capacidad productiva, que exigieron otras soluciones mecánicas —había que rehacer los cálculos de resistencia de materiales, efectuar cálculos de ingeniería para resolver los nuevos sistemas de fuerzas, etc.—, así como modificaciones en los sistemas de elevadores, etc. Estas máquinas de mayor capacidad estaban destinadas a un segmento del mercado más exigente, empresas comerciales para las cuales la calidad del producto final poseía mayor significado económico, lo cual requería introducir mejoras en el procesamiento del cereal. Las máquinas pasaron a contar con sistemas de bruñidores más eficientes, con clasificadoras, brilladoras y pulidores[145]. Era imprescindible un mejor control de la temperatura de funcionamiento, lo cual pasó a efectuarse a través de cámaras de ventilación[146]. Más tarde los descascarilladores de piedras fueron sustituidos por rodillos de caucho[147]. La empresa ingresó así en el campo de la química, pues tuvo que establecer los tipo de caucho que habría de utilizar, requiriendo a tal efecto la asistencia de técnicos extranjeros.

El esfuerzo de perfeccionamiento tuvo como resultados más notables el sistema de bruñido. A fin de evitar un problema de patente, las piezas, antes horizontales, pasaron a ser colocadas en posición vertical, lo cual se considera uno de los grandes logros en el producto de la firma hasta la fecha; una turbina para pulir y lustrar el cereal, que era vertical, pasó a ser horizontal, con lo cual se redujo la quiebra del grano; el cono bruñidor, antes cerrado, adoptó forma de vaina. Entre los cambios menores que se patentaron se destacan los vinculados con el sistema de elevadores, los mezcladores de cereales, los probadores, el sistema de tamices fluctuantes y los reguladores de salida.

Sin duda alguna, el período de mayor actividad innovadora en el producto fue el anterior a 1950, cuando se tenía muy clara la trayectoria que debía seguirse (mejorar la máquina patrón y lanzar nuevos modelos). Eran soluciones ya existentes en la frontera tecnológica internacional, compatibles con la experiencia acumulada con las máquinas

[144] Esta empresa fabricaba máquinas para la elaboración del café, y contaba con gran cantidad de equipos (incluida una de las mayores fundiciones del país).

[145] Se cuenta con registros de la construcción por la empresa de máquinas especiales para la fabricación de aventadoras y otros componentes, que muestran la interrelación entre el cambio en el producto y en el proceso, como antes apuntamos.

[146] Los beneficios que aportaron estas nuevas máquinas, medidos por el costo por bolsa de cereal procesada, serán analizados luego.

[147] En el caso de los descascarilladores de caucho, una firma competidora había patentado el producto. Para eludir esto, la solución que se encontró fue modificar el sistema de funcionamiento, invirtiéndolo; esto tuvo resultados favorables, y otros competidores adoptaron este sistema luego de expirar la vigencia de la patente respectiva. Este patentamiento tuvo lugar en 1950, y en 1966 el sistema fue nuevamente modificado.

más simples, para las cuales el mercado se estaba ampliando. A partir de entonces las innovaciones fueron menores: pequeñas mejoras en los productos y nuevos modelos de máquinas con capacidad intermedia de procesamiento del cereal, siempre en busca de conquistar segmentos específicos del mercado. Si utilizáramos una curva logística para describir la magnitud de las innovaciones, ellas se aproximarían en este lapso a su asíntota superior[148].

De todas las innovaciones introducidas en los productos, apenas una pequeña parte fueron registradas como patentes. Para los competidores, una patente es un fuerte indicio de que algo hay que investigar, y con frecuencia es fácil introducir pequeñas alteraciones que eludan las restricciones legales de las patentes. La propia evolución de esta empresa nos da ejemplos de ello, pues registró como propias ideas tecnológicas semejantes a las de otras firmas. Por otra parte, el patentamiento de la empresa nos ofrece sólo una muy dudosa indicación de su verdadera capacidad innovativa en la medida en que a menudo se lanzan modelos sin patentar y, a la inversa, ciertas modificaciones mecánicas y químicas fueron patentadas independientemente de su uso posterior o importancia.

De cualquier manera, estos datos nos muestran la punta del "iceberg", al señalarnos que las innovaciones menores en el producto fueron frecuentes. Hubo varias decenas de ellas.

b. Evolución de los otros productos

La empresa procuró sistemáticamente, merced al lanzamiento de nuevos productos, conquistar otros mercados con el objeto de evitar las fluctuaciones de la demanda. En la mayoría de los casos se trata de productos de complejidad técnica comparable a la de las máquinas de procesar cereales y, en general, de productos destinados a la agricultura, donde la marca de la empresa ya era conocida y los canales de información y de comunicación podían establecerse con mayor facilidad.

A comienzos de la década de 1970 la empresa se apartó por primera vez del mercado de las máquinas para la agricultura, ingresando en el campo de las máquinas-herramientas, que en esta época presentaba altos índices de crecimiento[149]. A la sazón, la firma se hallaba en una fase de franca expansión de su capacidad productiva, para lo cual requería de taladradoras, tornos, fresadoras, etc., como contaba con una larga tradición de producción de máquinas especiales para su propio consumo, se lanzó a fabricarlas. Estos productos exigen un nivel mecánico bastante más perfeccionado, ya que la precisión y la automatización requeridas son superiores. La empresa debió adquirir maquinarias y emplear a técnicos especializados en este menester. Esta decisión trajo aparejado un importante avance tecnológico, y es compatible con la hipótesis de que el cambio

[148] J. M. UTTERBACK y W. J. ABERNATHY, en su artículo "A Dynamic Model of Process Innovation" (*Omega,* vol. 3, Nº 6, 1975), sostienen también que a partir de determinado período de la evolución de las empresas se reduce la tasa de innovación en productos.

[149] Se creó una sección especializada en máquinas-herramientas, pero la organización de la producción en esta nueva sección mantuvo las mismas características que en las otras —tales como la centralización en un jefe que era responsable, además, del desarrollo de nuevos modelos—. El proceso productivo fue organizado, asimismo, en "islas" de máquinas (tornos, herramientas, etc.). En general, los modelos de estos productos se basaron en otros similares ya existentes en la propia empresa.

técnico en los productos va de lo más simple a lo más complejo. Este tipo de incursión tuvo consecuencias en la línea tradicional de la firma; la creación de máquinas especiales más sofisticadas sugirió nuevos métodos de producción (como la producción en lotes) y la introducción de reformas en los productos ya existentes, como la propuesta de transformar las piezas de madera en otras de metal en las máquinas de procesar cereales, sustituir los bujes por cojinetes, y otras modificaciones técnicas menores. Algunas piezas de las máquinas de procesar cereales comenzaron a ser fabricadas en esta nueva sección, mejorando varias de ellas sus especificaciones técnicas.

2. Progresos tecnológicos incorporados a las máquinas de procesar cereales

En este apartado mediremos el progreso tecnológico incorporado a las máquinas de procesar cereales, partiendo de la relación existente entre la productividad de máquinas de diferente capacidad y su costo de producción[150]. Este ejercicio teórico tiene sen-

CUADRO 6.6

Peso, capacidad y relación costo/capacidad

Máquinas	(1) Peso	(2) Capacidad	(3) (1)/(2)	(4) precio de venta por bolsa	(5) (4)/(1)
Grupo I					
1	33,3	62,5	53,3	77,0	144,3
2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3	111,1	125,0	88,9	105,4	118,5
4	141,1	200,0	70,6	75,0	106,3
5	173,3	250,0	69,3	71,1	102,5
6	190,6	300,0	63,5	66,8	105,1
7	242,2	375,0	64,6	75,7	117,2
8	400,0	500,0	80,0	84,3	105,3
9	465,6	750,0	62,1	67,2	108,2
Grupo II					
1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	107,1	125,0	87,7	95,0	110,9
3	130,5	166,7	78,3	87,1	111,2
4	193,5	250,0	77,4	74,4	96,1
5	274,1	500,0	54,8	96,7	176,4
Grupo III					
1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	180,7	200,0	90,3	71,6	79,3
3	255,9	400,0	64,0	93,1	145,5

Fuente: Idem cuadro 6.1.

[150] Vimos antes que los modelos, y probablemente los costos de producción, variaron a lo largo del tiempo, en especial en el período anterior a 1950. No obstante, los resultados de los ejercicios realizados deben guardar alguna correspondencia con lo ocurrido a partir de este período, cuando los modelos, los costos de producción y la estructura de precios de diversos productos dejaron de sufrir alteraciones más profundas.

tido en la medida en que el producto final logrado con cada uno de los equipos, o sea, el cereal procesado, sea de calidad homogénea, con independencia de la capacidad de producción de cada una de las máquinas.

El costo de producción de las máquinas, medido por su peso —la empresa dispone de costos detallados para dos máquinas (N°s 1 y 9 del grupo I)[151], los que indican que el costo por unidad de peso varía menos de un 1 % entre ambas—, crece con menos rapidez que la capacidad productiva de la máquina a medida que ésta se eleva; vale decir, cuando aumenta la capacidad de la máquina, disminuye la relación costo/capacidad, según muestra la columna 3 del cuadro 6.6. Y esto se da tanto para las máquinas del grupo I (con excepción de la número 1, cuyo producto es de inferior calidad, y la número 8, que tiene problemas de diseño y se vende poco) como para las de los grupos II y III[152], compuestos por otros tipos de máquinas de procesar cereales. Habría, por lo tanto, un progreso técnico del 37,9 % en el grupo I, del 45,2 % en el grupo II y del 36,0 % en el grupo III; o sea, los modelos de mayor capacidad productiva permitirían obtener beneficios sustanciales en cuanto a los costos unitarios del cereal procesado.

3. Distribución de los beneficios de la evolución tecnológica

La distribución de los beneficios del progreso tecnológico incorporado a las máquinas de diferente capacidad productiva puede medirse por la relación entre el costo (medido por el peso de cada máquina) por bolsa de cereal procesado y el precio de venta de esta última.

La relación entre los precios de venta recientes[153] y los costos de producción para igual período (columna 5 del cuadro 6.6) se mantiene relativamente estable entre las máquinas que componen el grupo I, con excepción, nuevamente, de la máquina número 1. Este comportamiento indica que, al fijar sus precios sobre la base de los costos más un margen relativamente constante, la empresa tiende a trasladar a sus clientes los beneficios obtenidos al reducir los costos por bolsa como consecuencia del aumento de la capacidad de las máquinas de una manera bastante uniforme entre los diversos productos. Las pequeñas variaciones en esta relación apreciables en la columna 5 se deben a particularidades de los segmentos del mercado a los que se destinan estos productos. Repárese, además, en que pese a que la empresa posee una posición de liderazgo en el mercado, donde participan muy pocas firmas más, no tiende a absorber para sí este tipo de benefi-

[151] Es probable que la constancia del costo de producción total por unidad de peso no sea estrictamente verdadera. Este resultado se obtuvo comparando la máquina 1 con la máquina 9; se observa que el menor costo de los salarios en la máquina 9 comparada con la 1 es compensado por el aumento del costo unitario de materias primas. No obstante, este último aumento sólo resulta de comparar la máquina 1 con las demás, manteniéndose probablemente constante desde la máquina 2 hasta la 9. Esto significa que, a raíz de la caída de los salarios por unidad de peso (ver cuadro 6.7) y la constancia de la relación entre el precio de la materia prima y la unidad de peso, la reducción del costo de producción debe ser todavía mayor que la empleada en el texto; de este modo, aumentan más aún los beneficios asociados a la mayor capacidad operativa de las máquinas.

[152] Los Grupos II y III están compuestos por productos que constituyen una pequeña porción de la facturación de la empresa.

[153] La evolución de los precios de diversos productos de la empresa a lo largo de los años indica que la estructura de precios de las máquinas se mantuvo estable desde 1952.

cio tecnológico. En el caso de las máquinas de los grupos II y III se observa la misma estabilidad de la relación de la columna 5 aunque con saltos bruscos para los casos de máquinas de mayor capacidad en cada grupo, absorbiéndose por lo tanto una mayor proporción de los beneficios tecnológicos.

Evidentemente, con este tipo de ejercicio no se pueden medir todos los beneficios tecnológicos que se asocian a la variación en la capacidad de las máquinas. Desde el punto de vista del comprador deben considerarse otros aspectos, como el ahorro de mano de obra por bolsa entre una y otra máquina (que tiende a ser un beneficio positivo, pues el operario es el mismo), los costos por bolsa en materia de energía (carecemos de información acerca de la dirección de este efecto) el espacio que permiten economizar por bolsa los diferentes tipos de máquinas y el volumen de producción en que operan. Desde el punto de vista de la empresa fabricante de los equipos, hay beneficios difíciles de evaluar, asociados al mayor volumen de producción, a la marca, etc.

4. Causas de la variación de los precios de costo por bolsa

En este apartado procuraremos analisar las posibles causas del menor costo por bolsa entre diversas máquinas de procesar cereales.

A partir de los costos de salarios atribuidos a la producción de varias máquinas en 1973, puede inferirse que hay una tendencia a la reducción del componente salarial por bolsa a medida que aumenta la capacidad de la máquina (cuadro 6.7), al par que la relación de los salarios por unidad de peso no presenta una tendencia clara.

Se dispone, además, de informaciones detalladas sobre los costos para las máquinas 1 y 9, que permiten profundizar en las causas de la variación del costo de producción. No obstante, esta comparación se ve perjudicada por el hecho de que la máquina de menor tamaño es distinta de las demás, produciendo un cereal de menor calidad, lo cual distorsiona la relación costo/bolsa. Su proceso productivo es bastante similar al de las demás máquinas, pero difiere principalmente en la composición de la materia prima que requiere el modelo[154].

CUADRO 6.7

Relación salarios por bolsa y salarios por unidad de peso, 1973

Tipo de máquina	Relación salario/bolsa	Relación salario/peso
1	74,3	139,4
2	100,0	100,0
3	79,2	89,2
4	64,8	91,9
5	57,9	83,6
6	67,7	106,6
7	55,6	86,1
8	75,6	94,6
9	51,1	82,3

Fuente: Idem cuadro 6.1.

[154] Los datos utilizados se obtuvieron antes de que la máquina I fuera fabricada en lotes.

CUADRO 6.8

Costo de producción por sección

Sección	Costo total por bolsa máquina 9 / Costo total por bolsa máquina 1	% de la mano de obra de la sección sobre la mano de obra total máquina 9 / máquina 1
Forja	0,96	1,32
Soldadura	1,61	2,21
Agujereado	0,52	0,71
Bastidores	0,85	1,17
Hojalatería	0,32	0,44
Carpintería	0,30	0,41
Pintura	1,53	2,09
Otras (a)	1,68	–
Total	0,73	–

(a) Son secciones donde no hay correspondencia entre las máquinas.
Fuente: Idem cuadro 6.1.

Aunque no se dispone de los costos correspondientes a todas las secciones de la planta, el cuadro 6.8 muestra que el costo total de la mano de obra por bolsa es inferior en un 37 % para la máquina grande en comparación con la otra, valor compatible con los del cuadro 6.6. Por añadidura, la variación en los costos y horas trabajadas por bolsa en cada sección de la planta indica reducciones en las secciones de carpintería, hojalatería y punción, y una relación inversa en las secciones de soldadura y de pintura. Estos datos muestran que, al modificarse los modelos, se modifica también el destino dado a las diversas secciones, sin que haya entre ellas una distribución uniforme de ganancias y pérdidas.

Las secciones de carpintería y de hojalatería, donde los beneficios fueron mayores, trabajan principalmente con los bastidores y estructuras de los distintos modelos. Dado que los costos de montaje y preparación de este tipo de material guardan poca relación con el tamaño de la máquina, desde el punto de vista de la utilización de mano de obra, y que estos grandes bastidores y estructuras implican un crecimiento no lineal en cuanto a su capacidad de recibir otros componentes mayores y más productivos, parece claro que los costos por bolsa deban reducirse a medida que se amplía la capacidad de los modelos[155]. Las disminuciones observadas en la sección de soldadura se deben a la mayor utilización de los servicios de hojalatería, pero representan menos del 1 % del costo de la mano de obra; en el caso de la sección de pintura, aunque cabría esperar una relación negativa, ella no se da a raíz de la mayor utilización de piezas metálicas (repuestos y hierros en general). Las pérdidas en la sección de fabricación se deben a la mayor complejidad de las máquinas de mayor tamaño, que demandan una mayor precisión, así como también mayores cantidades de hierro fundido.

[155] Esta modificación en los diversos componentes de los costos cuando se altera el modelo, y el tipo de beneficio tecnológico existente, se asocian a principios generales de ingeniería que nada tienen que ver con las condiciones locales de producción (tipo de mano de obra, diferencia de precios relativos de las materias primas y la mano de obra, etc.).

V. Cambio tecnológico del proceso

Examinaremos aquí el cambio tecnológico global alcanzado por la empresa en su proceso productivo a través del tiempo. Debe tenerse presente que en el período 1935-1980 la productividad del trabajo creció un promedio anual del 2,5 %, y la productividad total en un 1,14 %. A continuación compararemos la evolución de la productividad de la mano de obra en la empresa en su conjunto con la de la sección de caucho.

1. El proceso productivo

Los factores que condicionaron más decisivamente la evolución del proceso productivo de la empresa fueron: 1) la existencia de una demanda pequeña y con grandes oscilaciones en el corto plazo, y 2) un proceso productivo de naturaleza discontinua[156], que complicó siempre la organización de la producción. La demanda por cada tipo de producto y por sus variados modelos, aunque creciente, no le permitió a la empresa cambiar en grado sustancial muchas características de su proceso productivo. Por añadidura, durante largos años la empresa se desenvolvió en un ambiente industrial poco desarrollado en lo tocante a proveedores de servicios, piezas y repuestos, lo cual la llevó a adoptar (al menos hasta fecha reciente) una política de integración vertical que volvió más discontinua y compleja todavía la organización de la producción. La empresa contó, desde el inicio de sus operaciones, con un mercado interno protegido de los competidores internacionales, compuesto al menos por unas seis firmas en su producto más importante, aunque casi todas ellas tenían también una extensa línea de productos para la agricultura; además, en lo tocante a la política de precios esta firma fue líder durante varios años, aunque no dispuso de controles de costo eficaces. Por todos estos motivos, hubo pocos estímulos para modificaciones del proceso o reducciones del costo de producción. Además, estas empresas no disponen de una estructura de costos detallada a nivel de producto[157] que les permita un mayor control y, en consecuencia, instrumentar otro tipo de orientación productiva. El patrón competitivo siempre estuvo ligado más a la política de productos que a la de precios. Sólo en los últimos años hubo intenciones de establecer una mayor estandarización de la producción, y de volver menos discontinuo el proceso productivo merced a la producción en serie, lo que dio por resultado que los productos de mayor demanda (las máquinas más pequeñas) abandonaron al poco tiempo el sistema de producción por encargo, que como regla tenía plazos de entrega de 30 a 60 días en condiciones normales del mercado. La organización de la producción estuvo siempre ligada a unos pocos jefes de sección y no presentó mayores alteraciones en su administración, aun cuando aumentó el número de secciones (y de jefes), en especial hasta fines de la década de 1940.

[156] Aún hoy, el proceso productivo de la mayor empresa productora de maquinas de procesar cereales es discontinuo. La producción está organizada también según "islas" de máquinas, como ya vimos.

[157] Sólo en los últimos años la firma contó con estudios de costos para algunos de sus productos más importantes.

2. Evolución del proceso productivo

El proceso productivo de la empresa experimentó una gran transformación en los primeros años de su funcionamiento. Al comienzo se trataba de un pequeño taller, que inevitablemente tenía un bajo grado de división del trabajo. Con el correr de los años la firma creció y hubo una mayor especialización de las actividades; se crearon las secciones de "carpintería", "piedra", "hojalatería" y "fabricación" (desdoblada luego en tornería, taladradoras, punción, cepillado, etc.), "montaje", "pintura" y "embalaje", todas las cuales eran unidades autónomas, con sus propios oficiales y jefes de sección (ver en el cuadro 6.15 la actual organización de la producción). Las tareas de administración se separaron más claramente de las de producción desde fines de la década de 1940. Aunque no se dispone de datos detallados[158], suponemos que alrededor de 1950 ya estaba totalmente implementado este cuadro de división del trabajo en la producción.

En la década del cuarenta se incorporaron al proceso productivo nuevas actividades; se crearon en la empresa las secciones de fundición y de caucho, ambas con coeficientes técnicos distintos de las demás secciones, lo cual exigía una relación capital/trabajo diferente. Esto deforma los índices de productividad de la mano de obra y total, y es por ello difícil determinar el efecto de estas nuevas actividades, ya que no existen datos detallados sobre los productos y la compra de materias primas y de piezas. También ganaron autonomía las secciones de mantenimiento y de herramientas.

Desde 1950 el proceso productivo se mantuvo relativamente inalterado en lo tocante a la división del trabajo y las secciones, según informaciones obtenidas del personal más antiguo de la firma. El crecimiento de la empresa se dio a través de la incorporación de más máquinas y personal, pero manteniendo casi intacto el número de jefes y encargados[159], lo cual dificultó el control de la producción. Aparentemente, a partir de este período cesan los grandes beneficios en términos de división del trabajo. Incluso la mudanza a la nueva planta ocurrida en 1965, que significó una ampliación de la capacidad instalada, no introdujo alteraciones sustanciales en la organización del proceso productivo; se reprodujo la misma disposición de planta en mayores dimensiones, sin cambios importantes. Sólo a comienzos de la década del sesenta se observaron algunas modificaciones en la parte administrativa, que empezó a crecer más que el nivel de empleo total, subdividiendo las tareas de compras y ventas, e iniciando nuevos tipos de control de costos en la parte contable.

Es evidente que continuaban operándose muchas modificaciones. La sección de fundición creció y se modernizó; lo mismo aconteció con la de caucho, y se incorporaron máquinas nuevas en la de mecánica (tornos, taladradoras, cepilladoras, etc.) y en la de carpintería. Muchos de estos nuevos equipos fueron producidos en la propia planta[160],

[158] Información suministrada por un empleado que trabaja en la firma desde 1936.

[159] Para más detalles sobre este punto, ver la parte III. 4.

[160] Los registros de maquinaria indican que a partir de 1974, primer año de producción de esta sección, la empresa fabricó 52 máquinas-herramientas para su propio uso. Pero los efectos de esta clase de conocimientos técnicos no se limitaron a la sección de fabricación, ya que estos facilitaron la producción de máquinas especiales, destinadas a otras actividades productivas de la empresa. Obsérvese que entre 1960 y 1974 no se registra la fabricación de ninguna máquina especial, mientras que a partir de esa fecha se contruyeron tres prensas, tres guillotinas y dos máquinas de tornear caucho, todas ellas para la sección denominada "Caucho". También se construyeron máquinas para llenar los bruñidores y herramental para enderezar chapas, todo lo cual representó pequeñas innovaciones del producto que alteraron en grado significativo los procesos productivos a los que estaban destinadas.

lo que es coherente con la política de integración vertical perseguida por la empresa; así satisfacía las necesidades específicas de su proceso productivo y mantenía un nivel de actividad más uniforme a lo largo del tiempo, ya que la producción de estas maquinas aumentó principalmente en momentos de crisis de la demanda de equipos para procesar cereales. La empresa acometió incluso obras de construcción civil, realizadas prácticamente en su totalidad con recursos y manos de obra propios.

Sólo en los últimos años la firma empezó a ejercer un mayor control del proceso productivo. La máquina de menor capacidad productiva comenzó a ser fabricada en serie (lotes de 30 máquinas) con una "explosión"[161] completa de sus componentes, piezas y accesorios. Se creó una sección de "planeamiento y control de la producción", y se incorporó al personal un ingeniero mecánico, el primero en la historia de la empresa. Se buscó una mayor estandarización de las máquinas. El proceso contable comenzó a seguir los costos de producción de los principales productos, influyendo en grado decisivo en la política de precios[162].

3. Comparación de la evolución de la productividad de la mano de obra en la sección de caucho y en la empresa en su conjunto[163]

La sección de caucho posee las características de un proceso productivo continuo, o al menos mucho menos discontinuo que las demás actividades de la empresa. Desde el comienzo contó con instalaciones propias y tuvo un jefe autónomo, subordinado directamente a los más altos directivos de la firma. Su proceso productivo mantiene una relación bastante restringida con las demás secciones, limitada a los servicios de mantenimiento, compra de materias primas (específicas del caucho), venta del producto final y, esporádicamente, a través de la demanda de construcción de máquinas especiales. Dentro de la sección de caucho, en cambio, las actividades están muy ligadas entre sí, con una trayectoria bien definida entre las diversas fases del procesamiento de las materias primas hasta llegar al producto final; en consecuencia, sus actividades son bastante rutinarias y están sincronizadas. Los equipos que utiliza son específicos para cada fase del proceso productivo[164]. La sección de caucho[165] recibió inversiones de capital de proporciones comparables al resto a partir de 1973-74, y en 1975 sobrevino un cambio en su dirección, con-

[161] En el lenguaje de la "Programación y control de la producción", se llama "explosión" a la descripción detallada de cada ítem de la máquina.

[162] En los comienzos de la empresa era posible centralizar en unas pocas personas las actividades de compra de materias primas y la política de personal, así como definir precios finales que guardaran una relación estricta con los costos. Con el crecimiento de la firma y el aumento de la división interna del trabajo, dichas actividades pasaron a ser ejecutadas por personas diferentes. Esto exigía un esfuerzo sistemático para reunir las informaciones procedentes de todas ellas, esfuerzo que sólo se concretó al crear la sección de "Costos".

[163] La sección de caucho representa una fracción pequeña de la facturación de la firma, y sus productos están vinculados únicamente con las máquinas de procesar cereales.

[164] Esta sección tiene una política de personal relativamente independiente del resto de la empresa. Recurre con mayor frecuencia a vacaciones colectivas y suele trabajar un número de horas mayor que las del turno habitual, lo cual refleja la estrecha relación existente entre sus diversas actividades.

[165] Aunque no hay registros que permitan verificar con exactitud el monto de las inversiones en la sección de caucho en este período, los más altos directivos de la empresa suponen que fueron comparables a las realizadas en las demás secciones.

tratándose a un técnico que carecía de instrucción formal pero había trabajado varios años en actividades semejantes en otra empresa de la región[166]; este individuo trajo consigo criterios de organización y de control de la producción más rígidos, tanto en lo tocante a la verificación de la productividad de la mano de obra como al control de calidad.

Si se compara la evolución de la productividad de la mano de obra de la sección de caucho a partir de 1975 con el resto de la empresa (cuadro 6.9)[167], puede advertirse que hubo un aumento persistente de ese índice, mientras que no sucedió nada semejante en la firma en su conjunto entre 1971 y 1980.

En la sección de caucho, la productividad de la mano de obra aumentó un 65,2 % entre 1965 y 1980, con un avance persistente a lo largo del tiempo, sólo interrumpido por la reducción de la demanda y de la producción en 1977. Comparando dos años de

CUADRO 6.9

Indices de producción y de productividad de la sección Caucho y de la empresa en su conjunto

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Volumen de producción de la sección Caucho (a)	—	—	—	—	100,0	143,2	97,3	109,1	122,2	139,3
Producción/empleo (b) de la sección Caucho	—	—	—	—	100,0	106,6	94,4	120,4	150,5	165,2
Volumen de producción de toda la empresa I (c)	67,5	122,7	182,4	112,7	100,0	109,6	56,2	60,8	93,3	120,7
Producción I/empleo	89,4	137,7	185,9	107,5	100,0	90,0	60,5	63,9	89,9	85,7
Volumen de producción de toda la empresa II (d)	110,2	137,3	147,1	129,4	100,0	170,5	81,7	119,0	183,6	301,6 (220,4)
Producción II/ empleo	141,8	159,1	139,1	129,7	100,0	138,8	96,0	131,4	156,4	239,9 (175,3)

(a) La producción de la sección Caucho fue medida en unidades de su producto más importante.

(b) El empleo en la sección Caucho fue medido en horas trabajadas.

(c) La producción I fue medida por el peso de las máquinas de uso agrícola, sin tomar en cuenta los respuestos y otros productos agrícolas, y excluyendo las máquinas-herramientas. La cifra de empleo no incluye a los trabajadores de máquinas-herramientas y de la hacienda.

(d) La producción II es la utilizada en el cuadro 6.12.

Fuente: Datos de la empresa.

[166] Este hecho ilustra la importancia de una infraestructura industrial desarrollada para disponer de mano de obra más calificada.

[167] No hay datos anteriores a 1975 sobre la productividad de la mano de obra, pero se supone que se mantuvo constante durante muchos años.

volumen de producción semejante (1976 y 1980), se advierte que dicho crecimiento no estuvo demasiado influido por el aumento de la producción. El volumen de horas trabajadas decreció en valores absolutos a partir de 1976, a pesar del aumento de la producción.

Para la empresa en su conjunto, no se observa ninguna tendencia clara en cuanto al comportamiento de la productividad de la mano de obra, aunque solo se dispone de una serie que va de 1971 a 1980. Medida por la relación entre el volumen de producción en peso de las máquinas de procesar cereales (producción I del cuadro 6.9)[168] y el número de horas trabajadas[169], la productividad de la mano de obra no presenta ninguna tendencia definida, creciendo hasta 1973 y decayendo a partir de entonces, para alcanzar al final del período un valor similar al inicial. Medida por la relación entre el valor agregado (producción II del cuadro 6.9) y la cantidad de personal de la empresa, en cambio, osciló mucho, sin presentar tampoco tendencia definida alguna.

Como vemos, ambos índices de productividad de la mano de obra para la empresa en su conjunto, correspondiente al período posterior a 1970, son coherentes entre sí, en cuanto a que ninguno nos indica una tendencia definida.

La elevación de la productividad de la mano de obra en la sección de caucho se debe principalmente a dos factores. Por un lado, se explica por el cambio de dirección de nivel medio, vinculado con la inversión en maquinarias que permitieron modificaciones en el proceso productivo de dicha sección, aunque en otros sectores de la empresa hubo asimismo nuevas inversiones y, en algunos casos, cambios de personal directivo, sin que se observasen modificaciones sustanciales en la productividad de la mano de obra[170]. Por otro lado, la propia naturaleza de los procesos productivos más continuos hace que pequeñas alteraciones en el equilibrio de diversas actividades —tales como controles mas efectivos en los puntos de estrangulamiento de la producción (merced a pequeños ajustes o a la adquisición de equipos), o el uso de procedimientos más cuidadosos tendientes a reducir los períodos de inactividad de las máquinas (a través del mantenimiento preventivo)— generen resultados sustanciales en plazos breves. Por último, la libertad de trabajar en un ambiente poco afectado por los constantes cambios de productos vinculados a cada recomposición de la demanda, que tenían lugar en casi todas las demás secciones productivas de la firma, permitió a la de caucho esta rápida evolución de la productividad de la mano de obra, aun cuando en el resto de la empresa el índice no tuviera una tendencia definida.

[168] Este índice es relativamente deficiente, pues no incluye la producción de repuestos y de otros equipos para el sector agrícola, siendo que la producción de estos diversos ítems modifica su composición año tras año.

[169] Se excluyen las horas trabajadas en las secciones de máquinas-herramienta y en la hacienda, y se incluyen las horas extras.

[170] Otra sección de la empresa que, según se admite, presentó un saldo positivo en cuanto a la productividad del trabajo (aunque no se dispone de datos más precisos) fue la dedicada a construir una línea de máquinas de procesar cereales de menor tamaño. La máquina era de metal, pero su modelo era muy semejante al anterior. El proyecto, así como el correspondiente proceso productivo, fueron elaborados por el ingeniero en 1980. También en este caso la producción se volvió más continua, ya que la demanda mayor y más constante por este modelo hizo posible su producción en lotes pequeños; pero de este modo la sección permanece inactiva periódicamente.

VI. Conclusiones

Siempre es difícil resumir las principales contribuciones de un trabajo de esta naturaleza, debido a la multiplicidad de temas que en él se abordan. Aun así, merecen destacarse algunos puntos tratados de manera más directa.

Señalemos para empezar que, a lo largo de más de cincuenta años, la empresa de que se ocupa este artículo alcanzó un cambio tecnológico sustancial, reflejado tanto en su proceso productivo como en los diversos modelos de productos fabricados.

El proceso productivo se modificó radicalmente, ya que la empresa inició sus actividades como un pequeño taller, que utilizaba equipos rudimentarios y empleaba a unos pocos trabajadores, y se transformó al final del período en una planta de mediana envergadura, que emplea a centenares de operarios y cuenta con equipos avanzados. Pero, pese a este crecimiento, el proceso productivo siguió siendo discontinuo en la mayoría de sus actividades, semejante en este sentido al de la mayor empresa del ramo existente en el mundo. A raíz de la reducida magnitud y la inestabilidad de la demanda, la producción de cada modelo siguió siendo harto escasa como para adoptar un proceso de producción con mayores rasgos de continuidad en la mayor parte de las actividades. O sea, los equipos de la empresa siguieron siendo del tipo universal y se continuó utilizando rutinas de trabajo poco rígidas, con un ciclo de producción prolongado. Las necesidades de crecimiento y la precariedad de la infraestructura industrial obligaron a la firma a adoptar una política de integración vertical que dificultó más todavía la organización de su proceso productivo. Los obstáculos que imponen los procesos productivos discontinuos pueden evaluarse comparando la productividad de la mano de obra en la empresa en su conjunto en los últimos años, con la que tuvo su sección de caucho (cuyas actividades pueden considerarse continuas); hay evidencias de que en ésta la respuesta a las nuevas inversiones y las modificaciones en la dirección de nivel medio fueron rápidas e intensas, mientras que nada semejante ocurrió en el resto de la empresa.

Pudo apreciarse que el índice de productividad total arroja un "residuo" tecnológico prácticamente nulo entre 1935 y 1980, o sea, el crecimiento de la producción puede explicarse por la acumulación de factores (capital y mano de obra). Pero la productividad del trabajo aumentó a lo largo del tiempo, como respuesta —aunque con desfasajes de amplitud variable— a la acumulación de capital, que elevó con el correr del tiempo la relación capital/trabajo. El aumento de la productividad de la mano de obra se debió al mejoramiento de los equipos y del personal utilizado, lo cual fue también reflejo de un largo proceso de aprendizaje.

Debe destacarse que el proceso productivo de la firma siguió una trayectoria propia, bastante independiente de lo que sucedía en este mismo sector en los países de avanzada tecnología. Las restricciones impuestas por el grado de desarrollo de la infraestructura industrial, el tipo de mano de obra disponible, los precios relativos de las diversas materias primas y productos, las restricciones a la importación de equipos, reclamaron soluciones singulares en cada oportunidad. La acumulación de experiencia tecnológica en el proceso productivo fue bastante amplia; no se limitó a la creación de máquinas especiales, sino que brindó respuestas peculiares frente a los permanentes problemas de un sector productivo discontinuo, donde no siempre se cuenta con las mejores condiciones técnicas para ejecutar cada tarea.

La organización de la empresa no experimentó mayores alteraciones, salvo en los últimos años. La administración de nivel medio permaneció casi intacta, al menos en los últimos treinta años. La organización y control de cada sección estuvo a cargo de sus jefes, formados en la propia empresa. Al acceder una segunda generación de directivos al comando de la empresa se observó un cambio de orientación, reflejado en el reconocimiento de que la infraestructura industrial ya permitía abandonar la rígida política de integración vertical (p. ej., utilizando servicios externos). También se comprendió que para ciertas actividades el mercado estaba en condiciones de ofrecer mano de obra mejor calificada que la formada dentro de la empresa, como sucedió al contratar a un ingeniero y a técnicos más especializados para algunas secciones. El énfasis estricto en la producción, característico de la primera generación, fue reformulado, efectuando grandes inversiones en la parte administrativa.

El cambio tecnológico del producto fue, asimismo, sustancial. La empresa inició sus actividades produciendo un único modelo de máquina de procesar cereales, basado en uno similar importado; al poco tiempo lanzó nuevos modelos, cada vez más complejos, de mayor capacidad productiva y que incorporaban accesorios que mejoraban la calidad del cereal procesado. Si bien el lanzamiento de nuevos modelos de máquinas de procesar cereales fue más intenso en los primeros años, cuando la empresa se había trazado una clara trayectoria de perfeccionamiento, no cesó desde entonces. En ese período, la figura dominante de la empresa era el fundador responsable de la parte técnica; en su transcurso la firma consolidó su liderazgo en el mercado. A partir de entonces introdujo muchas pequeñas mejorías en sus diversos modelos de máquinas de procesar cereales, derivadas de los mejores equipos con que contaba la planta y de los nuevos desafíos que fueron surgiendo. Debe repararse en que ni siquiera en los países de frontera tecnológica la producción de máquinas de procesar cereales alcanzó grandes avances técnicos a través de los años.

En lo tocante a estas máquinas, hemos efectuado un ejercicio teórico que señala que el lanzamiento de las máquinas de mayor tamaño permitió reducir notoriamente el costo del procesamiento del cereal, y que estos beneficios tuvieron en gran parte como destinatarios a los clientes de la empresa.

Pero la actividad de innovación de los productos no se limitó a las máquinas de procesar cereales. Para reducir los efectos de la fluctuación de la demanda de dichas máquinas y buscar nuevos caminos de expansión, la empresa se empeñó persistentemente en lanzar nuevos productos; en un comienzo éstos estuvieron destinados a la agricultura, y en los últimos años al sector de bienes de capital propiamente dicho, como es el caso de las máquinas-herramientas, que exigieron un grado muy superior de refinamiento tecnológico (en lo tocante tanto a la maquinaria como a la mano de obra necesarias para producirlas).

El proceso de cambio tecnológico del producto, incluyendo tanto las pequeñas mejoras en los productos como las grandes innovaciones, fue paulatino, yendo de lo más simple a lo más complejo desde el punto de vista tecnológico. La magnitud de las innovaciones varió a lo largo del tiempo, influyendo en ellas principalmente la disponibilidad de fondos, las características del mercado de los diversos productos y factores de producción, y la orientación que imprimieron a la empresa sus más altos directivos.

APENDICE

1. La serie de la producción (valor agregado)

La serie de la producción de la empresa (valor agregado) fue medida por el valor de la facturación anual de la totalidad de sus productos excluidas las máquinas no agrícolas, deflacionado de 1935 a 1952 con el "Indice general de precios" (*Conjuntura Econômica,* columna 2, y Haddad)[171], y a partir de esa fecha con el "Indice de precios interno"; se dedujo el valor de los gastos anuales en materias primas destinadas a estos últimos productos (deflacionado con el "Indice 2" de *Conjuntura Econômica* y Haddad), vale decir que se eliminaron los gastos en materias primas destinadas a máquinas no agrícolas, construcción de edificios, etc.

Las principales críticas que pueden hacérsele a este indicador son las siguientes:

a. La facturación mide el valor de las ventas y no la producción efectiva del período. Pese a haber trabajado con datos anuales, hubo grandes variaciones en los stocks de productos terminados y semiterminados entre diversas fechas. Esto explica en parte las oscilaciones de la producción (y, por lo tanto, de los índices de la productividad total y de la mano de obra); pero como se trata de datos anuales, las oscilaciones de corto plazo no pudieron ser captadas[172].

b. Hubo importantes variaciones en la composición de la producción a lo largo de los años: los modelos de máquinas de procesar cereales se fueron modificando, y se incorporaron o suprimieron numerosos productos no tradicionales. En lo referente a las procesadoras de cereales, en los últimos años se puso de manifiesto una tendencia al crecimiento más que proporcional de las máquinas grandes y pequeñas, en detrimento de las medianas. Cabría argumentar que el volumen de producción podría medirse por la capacidad total de procesar cereales de estas máquinas; no obstante, no se dispone de datos anteriores a 1970 para aplicar este procedimiento de cálculo.

c. La calidad de las máquinas (de procesar cereales u otras) se modificó a lo largo del tiempo, sin que pudieran captarse dichas modificaciones.

d. El índice de desembolsos en materias primas presentó grandes oscilaciones año tras año, derivadas de las formas de ajuste de precios utilizadas por la empresa para evaluar sus stocks. Además, las alteraciones en el grado de integración vertical (con la inclusión de las secciones de fundición y de caucho, y la contratación de servicios externos) ejercieron efectos sobre el consumo de materias primas, que no pudieron cuantificarse.

e. Para el período 1935-1952 se utilizaron los deflactores de precios de *Conjuntura Econômica* y Haddad (cuadro 6.10), por ser los únicos disponibles para este período. A partir de entonces reconstruimos las series de precios de los principales modelos de máquinas de procesar cereales. La dificultad radica en que no se dispone de los precios de los demás productos y repuestos. En lo tocante a las materias primas, utilizamos la columna 2 de *Conjuntura Econômica,* que refleja mejor que cualquier otro índice de precios disponible la diversidad de materias primas consumidas por la empresa.

Se elaboró también una serie de producción medida por el peso total en toneladas de las máquinas de procesar cereales producidas, para el período 1970-1980 (cuadro

[171] Ver C. HADDAD, *Growth of Brazilian real Output, 1900-1947,* tesis de doctorado en la Universidad de Chicago, 1974.

[172] Las oscilaciones de la producción en el corto plazo no afectan en forma directa nuestro estudio, que procura establecer tendencias de largo plazo.

6.11). Este índice es más deficiente que el anterior pues no incluye las otras máquinas destinadas a la agricultura ni los repuestos, siendo que la producción de estos artículos tendió a crecer más en el período en que la producción de la máquina de procesar cereales fue menor, y viceversa, en una tendencia anticíclica. Vale decir que este índice tiende a sobreestimar las variaciones de la producción con respecto a lo que ocurrió efectivamente. De todas maneras, acompaña de cerca el resultado obtenido con el índice anterior en el período 1970-1980 (cuadro 6.11).

CUADRO 6.10

Indices de precios

Año	Indice general de precios (base 1965/67 = 100)	Indice de precios internos (base 1965/67 = 100)
1938	0,292	
39	0,298	
1940	0,318	
41	0,350	
42	0,407	
43	0,475	
44	0,573	
45	0,656	
46	0,765	
47	0,856	
48	0,916	
49	0,981	
1950	1,09	
51	1,27	
52	1,42	1,45
53	1,63	1,56
54	2,07	2,04
55	2,41	2,48
56	2,89	2,92
57	3,30	3,31
58	3,73	3,98
59	5,14	3,98
1960	6,64	7,12
61	9,10	9,56
62	13,80	18,42
63	24,2	38,50
64	46,1	52,57
65	72,3	69,42
66	99,8	101,02
67	128	129,56
68	159	160,93
69	192	190,09
1970	230	232,15
71	277	280,37
72	324	356,66
73	373	493,74
74	480	804,22
75	613	1.531,12
76	866	1.971,90
77	1.236	2.793,84
78	1.714	3.718,46
79	2.641	4.177,99
1980	5.282	9.068,06

Fuente: *Conjuntura Econômica;* C. HADDAD: *Growth of Brazilian Real Output, 1900-1947,* tesis de doctorado, Universidad de Chicago, 1974; y datos proporcionados por la empresa.

CUADRO 6.11

Indice de producción

Años	Indice de peso	Indice del valor de la producción	Indice de unidades producidas	Indice de la capacidad productiva de las máquinas
1970	100,0	100,0	100,0	100,0
1971	86,7	81,6	83,7	88,2
1972	157,5	101,7	152,2	159,5
1973	234,2	108,9	224,1	238,0
1974	144,7	95,8	143,3	144,6
1975	128,4	74,1	135,9	132,1
1976	140,7	126,3	135,2	144,4
1977	72,2	60,5	66,7	75,3
1978	98,1	88,1	87,4	92,9
1979	131,5	136,0	145,6	128,3
1980	214,4	223,3	214,4	215,0

Fuente: Idem cuadro 6.1.

Se elaboró además una serie de producción medida por el número de máquinas de procesar cereales para el período 1970-1980, que da a todas luces un índice más deficiente que el anterior. Por último, se construyó una serie que mide el valor total de las máquinas producidas, y este índice tendió también a acompañar los demás índices de la producción (a partir de 1970).

A lo largo de este estudio hemos utilizado principalmente la primera serie, pues es la que mejor refleja el comportamiento de la empresa y la única disponible para un período mayor que los últimos once años.

2. El capital

Para elaborar la serie de stocks de capital se emplearon los datos de los balances referidos a los siguientes rubros:

a. Máquinas y herramientas

A partir de la evaluación del stock de capital inicial, los valores hasta 1935 se estimaron mediante extrapolación geométrica. Desde esta fecha se cuenta con informaciones anuales de las adiciones, en valores deflacionados con el "Indice general de precios" (columna 2 de *Conjuntura Econômica*), deduciendo una tasa de depreciación anual del 8 % y eliminando las inversiones realizadas fuera de las secciones de máquinas agrícolas.

b. Vehículos, Biblioteca, Matrices y Modelos

Para estos rubros se adoptaron procedimientos idénticos a los empleados para el rubro a, y la misma tasa de depreciación.

CUADRO 6.12

Indices de capital, materia prima y salarios

Año	Capital instalado	Producción (valor agregado)	Capital / Producción	Capital utilizado / Capital instalado	Materia prima / Producción	Salario / Producción
1926	11,2					
27	21,8					
28	31,6					
29	41,0					
1930	50,5					
31	60,1					
32	69,1					
33	77,8					
34	85,7					
35	100,0	100,0	100,0	.3457	100,0	100,0
36	103,5	64,1	161,4	.2142	135,4	145,5
37	134,2	135,1	99,3	.3481	173,6	108,2
38	175,8	183,9	95,6	.3616	166,0	100,5
39	177,4	252,3	70,3	.4917	107,7	80,2
1940	180,8	194,4	93,0	.3718	134,2	101,0
41	200,7	256,4	78,2	.4258	107,5	67,4
42	256,5	373,2	68,7	.5031	95,7	52,4
43	303,5	486,0	62,4	.5536	99,4	41,7
44	294,1	468,9	62,7	.5513	94,9	45,1
45	354,6	559,6	63,4	.5456	77,9	46,8
46	404,3	595,8	67,9	.5095	93,1	60,8
47	463,9	689,2	67,3	.5137	78,9	68,5
48	464,8	938,4	49,5	.6980	49,5	53,1
49	504,6	989,6	51,0	.6781	57,5	58,1
1950	509,4	798,0	63,8	.5416	95,7	76,8
51	508,8	719,7	70,7	.4890	69,5	74,0
52	503,5	685,0	73,5	.4704	58,5	72,7
53	517,7	884,7	58,5	.5908	54,5	61,8
54	505,2	912,9	55,3	.6248	58,4	73,1
55	520,7	785,2	66,3	.5214	73,5	89,9
56	516,2	833,5	61,9	.5582	61,9	80,3
57	516,8	848,7	60,9	.5679	64,8	76,2
58	523,4	930,9	56,2	.6149	76,0	78,8
59	514,7	1.488,9	34,6	1.0001	54,6	43,3
1960	542,4	1.033,6	52,5	.6588	118,4	78,7
61	549,5	940,9	58,4	.5920	91,9	82,8
62	558,8	732,2	76,3	.4530	123,3	127,3
63	551,8	728,8	75,7	.4566	133,0	135,6
64	679,8	1.619,1	42,0	.8235	55,2	88,1
65	888,8	1.916,3	46,4	.7455	38,5	84,7
66	1.002,1	1.398,4	71,7	.4825	38,8	106,5
67	1.036,1	1.311,4	79,0	.4375	45,3	93,6
68	1.211,9	1.644,8	73,7	.4692	39,1	88,7
69	1.214,7	1.394,3	87,1	.3969	42,4	104,1
1970	1.255,2	1.599,4	78,5	.4405	43,4	106,5
71	1.262,2	1.305,5	96,7	.3576	47,4	124,5
72	1.414,4	1.626,5	86,9	.3976	64,3	142,8
73	1.777,7	1.742,3	102,0	.3389	79,8	155,5
74	2.010,3	1.532,3	131,2	.2635	83,1	181,0
75	2.675,4	1.184,5	225,9	.1531	97,4	270,3
76	3.519,0	2.020,0	174,2	.1985	47,7	221,6
77	3.744,5	967,7	386,9	.0893	102,7	359,9
78	4.305,2	1.409,6	305,4	.1132	60,2	264,5
79	4.763,3	2.174,8	219,0	.1579	53,5	214,4
1980	4.889,1	3.572,0	136,9	.2526	13,0	103,5

Fuente: Idem cuadro 6.1.

c. Inmuebles, Muebles y útiles, Instalaciones, Edificios en construcción y Laboratorios

Se empleó el procedimiento anterior, pero con una tasa de depreciación anual del 3 %. Se suprimieron las inversiones relativas a la compra de la hacienda y los gastos destinados a la creación de una sucursal de ventas.

Sumando a, b y c se obtuvo la serie de capital instalado total. La serie de capital instalado en las secciones de producción se elaboró sumando los rubros "Máquinas y herramientas", "Vehículos", "Matrices", "Modelos", "Instalaciones" y "Laboratorios" (cuadro 6.12).

A continuación se construyó la serie del capital utilizado, mediante el siguiente método: Se ajustó la serie de capital instalado total en cada año según la mínima relación capital/producción del período 1935-1980, suponiendo que esta relación seria la de pleno empleo del capital. El cálculo se basó en la fórmula[173]

$$K_t = \text{Min}\ (\frac{k}{p}) \cdot P_t$$

donde K_t es el capital efectivamente utilizado en el año t, P_t es la producción en el año t, y Min $(\frac{k}{p})$ es el coeficiente capital-producto más bajo de todo el período (que es el de 1960)[174].

El empleo de este método para determinar el volumen de capital efectivamente utilizado tiene implícitas las siguientes hipótesis: a) elasticidad de sustitución nula entre capital y trabajo, b) rendimientos constantes a escala[175]; c) progreso tecnológico nulo. Si variara la relación capital/trabajo cuando varían, por ejemplo, los precios relativos de estos factores, la relación capital/producción debería variar a lo largo del tiempo para que la empresa se mantuviera en equilibrio. Si hubiera rendimientos crecientes a escala, la relación capital/ producción debería disminuir en este intervalo, y el procedimiento anterior sobreestimaría el volumen de capital efectivamente utilizado. Lo mismo sucedería si el progreso tecnológico fuera neutro, y el procedimiento anterior lo sobreestima más aún si el progreso tecnológico economiza capital.

Hay otros dos métodos muy usados para estimar la capacidad ociosa existente. El primero consiste en obtener información directa sobre el nivel de utilización de la planta, pero es inaplicable a los períodos más antiguos de la historia de la empresa. El segundo consiste en determinar los años "pico" de la producción, ajustar con una curva exponencial a través de estos años, comparar luego el volumen de producción efectivo con los así estimados y determinar los "residuos" de capacidad ociosa. La crítica principal que puede hacérsele a este método es que sólo emplea datos de producción; supone implícitamente que la firma aumentó su stock de capital en forma regular entre esos años "pico", lo cual es inaceptable en el caso de esta empresa.

[173] Se adoptó el mismo procedimiento empleado por A. CASTAÑO, J. KATZ y F. NAVAJAS, en su estudio de la planta argentina de Turri S.A. Ver Caso Nº 3, capítulo II de este libro.

[174] Fue utilizada una única razón capital/producto por tratarse de un año en que la empresa ya había consolidado su proceso productivo, que a partir de entonces no se alteró demasiado. Los altos índices de capacidad ociosa verificados al final del período fueron resultado de los planes de expansión de largo plazo (principalmente por la construcción de edificios e instalaciones); la empresa reconoció que al momento de llevarse a cabo estudio existía un alto grado de capacidad ociosa.

[175] El empleo de esta serie de capital instalado impide comprobar la existencia de rendimientos crecientes a escala, ya que por el tipo de procedimiento utilizado la variable capital queda asociada a la variable producción.

CUADRO 6.13

Número de personas empleadas

Año	Operarios	No operarios	Total
1938	100,0	100,0	100,0
39	82,6	200,0	85,9
1940	91,3	250,0	95,8
41	88,4	250,0	92,9
42	111,6	300,0	116,9
43	126,1	350,0	132,4
44	131,9	300,0	136,6
45	127,5	450,0	136,6
46	171,0	450,0	178,9
47	163,8	550,0	202,8
48	202,9	700,0	216,9
49	249,3	750,0	263,4
1950	271,0	800,0	285,9
51	226,1	900,0	245,1
52	250,7	950,0	243,7
53	231,2	1.000,0	253,5
54	265,2	1.050,0	287,3
55	230,4	1.100,0	254,9
56	234,2	1.100,0	259,2
57	239,1	1.250,0	267,6
58	271,0	1.250,0	298,6
59	250,7	1.150,0	276,1
1960	291,3	1.000,0	311,3
61	291,7	1.100,0	314,1
62	333,3	1.250,0	359,2
63	368,1	1.300,0	394,4
64	397,1	1.300,0	422,5
65	398,6	1.250,0	422,5
66	355,1	1.200,0	378,9
67	330,4	1.300,0	257,8
68	343,5	1.400,0	373,2
69	320,3	1.450,0	352,1
1970	318,8	1.500,0	352,1
71	346,4	1.650,0	383,1
72	379,7	2.000,0	425,4
73	482,6	1.850,0	521,1
74	450,7	1.900,0	491,6
75	442,0	2.250,0	492,9
76	576,8	2.400,0	605,6
77	391,3	2.150,0	419,7
78	440,6	2.300,0	446,5
79	597,1	2.600,0	578,9
1980	623,6	2.912,0	607,4

Fuente: Idem cuadro 6.1.

CUADRO 6.14

Número de empleados

Año	Promedio anual	En diciembre
1970	100,0	100,0
1971	99,9	108,8
1972	118,9	120,0
1973	130,8	148,0
1974	139,8	139,6
1975	136,7	140,0
1976	168,2	178,4
1977	134,3	125,2
1978	134,3	140,0
1979	156,1	185,6
1980	178,3	185,3

Fuente: Idem cuadro 6.1.

CUADRO 6.15

Distribución de personal por secciones de la empresa (en %) en el último período

Secciones	Personal de ejecución	Personal de supervisión	Total
Contabilidad	4,3	6,7	4,4
Personal	1,0	3,3	1,1
Ventas	1,7	10,0	2,2
Facturación	0,7	3,3	0,9
Compras	0,2	3,3	0,4
Adm. general	2,4	3,3	2,4
Portería	1,9	—	1,8
Transporte	2,1	—	2,0
Caucho	5,7	6,7	5,8
Fundición	8,6	6,7	8,4
Construcciones	0,7	—	0,7
Piedra	2,6	6,7	2,9
Embalaje	3,1	3,3	3,1
Hojalatería	14,8	13,3	14,7
Carpintería	11,9	6,7	11,6
Montaje	1,9	—	1,8
M. Operat.	10,3	6,7	10,0
Herramientas	1,7	3,3	1,8
Cepillado	4,8	3,3	4,7
Mecánica	16,4	6,7	15,8
Depósito	1,7	—	1,6
C.P.D.	0,7	3,3	0,9
Ingeniería	0,1	3,3	1,1
Total	100,0	100,0	100,0

Fuente: Idem cuadro 6.1.

CUADRO 6.16

Número de horas trabajadas

Año y mes	Total de horas normales: ejecución y supervisión	Total de horas extras: execución y supervisión	Horas extras / Horas normales
1977			
Enero	100,0	100,0	0,0247
Febrero	95,5	79,4	0,0206
Marzo	98,9	63,9	0,0160
Abril	88,8	48,1	0,0134
Mayo	81,0	59,0	0,0180
Junio	75,8	58,6	0,0191
Julio	75,0	75,9	0,0250
Agosto	85,6	130,8	0,0377
Setiembre	78,0	69,7	0,0221
Octubre	78,4	86,4	0,0272
Noviembre	77,0	80,5	0,0258
Diciembre	75,1	88,9	0,0293
1978			
Enero	82,2	212,3	0,0638
Febrero	78,7	207,2	0,0650
Marzo	89,3	121,9	0,0337
Abril	80,9	192,5	0,0588
Mayo	90,4	161,9	0,0442
Junio	90,5	190,8	0,0520
Julio	87,9	246,8	0,0693
Agosto	81,7	170,0	0,0514
Setiembre	85,6	106,0	0,0306
Octubre	93,3	153,0	0,0405
Noviembre	89,6	101,2	0,0279
Diciembre	83,9	87,6	0,0258
1979			
Enero	77,9	178,2	0,0477
Febrero	78,2	123,2	0,0389
Marzo	87,0	114,1	0,0324
Abril	81,4	94,5	0,0287
Mayo	95,5	301,3	0,0779
Junio	82,8	335,5	0,1000
Julio	101,3	353,6	0,0862
Agosto	108,9	386,1	0,0875
Setiembre	100,7	375,0	0,0919
Octubre	116,7	507,9	0,1069
Noviembre	109,9	346,1	0,0777
Diciembre	102,9	415,0	0,0996
1980			
Enero	125,1	460,8	0,0910
Febrero	116,3	455,1	0,0966
Marzo	124,2	556,3	0,1105
Abril	134,3	439,7	0,0808
Mayo	130,6	477,9	0,0903
Junio	129,5	489,3	0,0933
Julio	150,9	537,7	0,0880
Agosto	140,7	496,8	0,0965
Setiembre	148,3	309,3	0,0570
Octubre	145,5	90,1	0,0169
Noviembre	109,9	61,1	0,0152
Diciembre	120,7	53,0	0,0120

Fuente: Idem cuadro 6.1.

CUADRO 6.17

Indices de productividad en la producción

Años	Producción / Operarios en la producción	Producción / Empleo	Empleo en la producción / Empleo total
1938	100,0	100,0	0,9717
39	165,6	159,7	0,9345
1940	115,4	110,4	0,9265
41	157,3	150,0	0,9243
42	181,3	173,6	0,9278
43	209,0	199,6	0,9256
44	192,7	186,6	0,9382
45	237,9	222,7	0,9073
46	188,9	181,1	0,9272
47	228,2	184,8	0,7848
48	250,7	235,3	0,8918
49	215,2	204,3	0,9198
1950	159,6	151,8	0,9212
51	172,6	159,7	0,8962
52	148,1	152,9	0,9011
53	206,9	189,8	0,8889
54	186,6	172,8	0,8971
55	184,8	167,5	0,8785
56	192,5	174,9	0,8805
57	192,4	172,5	0,8686
58	201,3	166,4	0,8821
59	322,0	293,3	0,8827
1960	192,4	180,6	0,9095
61	175,1	162,9	0,9014
62	119,1	110,9	0,9020
63	107,3	100,5	0,9072
64	221,1	208,4	0,9134
65	260,7	246,6	0,9167
66	213,5	200,7	0,9108
67	215,2	199,3	0,8977
68	259,6	239,6	0,8944
69	236,0	215,3	0,8940
1970	272,0	247,0	0,8800
71	204,3	185,3	0,8787
72	232,2	207,9	0,8676
73	195,7	181,8	0,9000
74	184,3	169,5	0,8912
75	145,3	130,7	0,8715
76	197,8	181,4	0,8884
77	137,1	125,4	0,9167
78	185,7	171,7	0,9191
79	225,4	204,3	0,9352
1980	354,4	313,4	0,9309

Fuente: Idem cuadro 6.1.

CUADRO 6.18

Indices de productividad

Año	Producción / Empleo (a) = q	Capital / Empleo (a) = k	$\frac{\Delta q}{q}$	$\frac{\Delta K}{k}$	Participación del capital en el valor de la producción (W_k) (b)	$\frac{\Delta A(t)}{A(t)}$ (c)	Productividad total A (t) (d)
35	100,0	100,0			.5789		1.0000
36	71,6	115,7	—.2835	—.2835	.3874	—.1737	.8263
37	96,8	96,2	.3515	.3515	.5444	.1601	.9586
38	98,4	94,1	.0164	.0164	.5768	.0069	.9652
39	157,2	110,5	.5967	.5967	.6622	.2016	1.1598
1940	108,6	101,0	—.3087	—.3087	.5745	—.1314	1.0074
41	147,6	115,5	.3590	.3590	.7163	.1018	1.1100
42	170,8	117,4	.1572	.1572	.7781	.0349	1.1487
43	196,4	122,7	.1499	.1499	.8242	.0264	1.1790
44	183,7	115,2	—.0650	—.0650	.8102	—.0123	1.1645
45	219,2	138,9	.1936	.1936	.8028	.0382	1.2090
46	178,3	121,0	—.1869	—.1869	.7438	—.0479	1.1511
47	181,9	122,4	.0202	.0202	.7115	.0058	1.1578
48	231,6	114,7	.2732	.2732	.7765	.0611	1.2285
49	201,1	102,5	—.1315	—.1315	.7553	—.0322	1.1889
1950	149,4	95,4	—.2572	—.2572	.6765	—.0832	1.0900
51	157,2	111,1	.0522	.0522	.6884	.0163	1.1078
52	150,5	110,6	—.0426	—.0426	.6939	—.0160	1.0901
53	186,8	109,3	.2413	.2413	.7397	.0628	1.1585
54	170,1	94,1	—.0895	—.0895	.6922	—.0275	1.1266
55	164,9	109,3	—.0305	—.0305	.6216	—.0115	1.1136
56	172,1	106,6	.0441	.0441	.6620	.0149	1.1302
57	169,7	103,4	—.0138	—.0138	.6702	—.0044	1.1252
58	163,8	92,1	—.0352	—.0352	.6682	—.0117	1.1120
59	288,7	99,8	.7627	.7627	.8178	.1390	1.2666
1960	177,7	93,3	—.3843	—.3843	.6688	—.1273	1.1054
61	160,3	93,6	—.0978	—.0978	.6512	—.0341	1.0677
62	109,1	83,3	—.3195	—.3195	.4638	—.1713	1.8848
63	98,9	74,9	—.0935	—.0935	.4290	—.0534	.8376
64	205,1	86,1	1.0735	1.0737	.6291	.3980	1.1709
65	242,7	112,6	.1836	.1836	.6433	.0656	1.2477
66	197,5	141,6	—.1862	—.1862	.5516	—.0835	1.1435
67	196,2	155,1	—.0068	—.0068	.6057	—.0027	1.1404
68	235,9	173,8	.2021	.2021	.6265	.0755	1.2265
69	211,9	184,6	—.1014	—.1014	.5617	—.0444	1.1720
1970	243,1	190,8	.1471	.1471	.5498	.0662	1.2496
71	182,4	176,3	—.2498	—.2498	.4740	—.1314	1.0854
72	204,7	178,0	.1221	.1221	.3988	.0734	1.1651
73	178,9	182,6	—.1256	—.1256	.3450	—.0823	1.0692
74	166,8	218,9	—.0676	—.0676	.2376	—.0515	1.0141
75	128,6	290,5	—.2292	—.2292	—.1383	—.2609	.7495
76	178,5	311,0	.3881	.3881	.0668	.3622	1.0210
77	123,4	477,5	—.3088	—.3088	—.5154	—.4680	.5432
78	169,0	516,1	.3694	.3694	—.1137	.4114	.7667
79	201,1	440,4	.1900	.1900	.0972	.1715	.8982
1980	308,5	422,2	.5342	.5342	.5642	.2338	1.1082

(a) Ver en el Apéndice como se obtuvieron los índices de producción capital y empleo.

(b) Estimada a partir de la remuneración (incluidos los beneficios sociales) de los empleados en la producción (valor agregado). Por lo tanto $W_K = (1 - W_L)$.

(c) Indice obtenido a partir de la expresión:

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta A}{A} + W_K \cdot \frac{\Delta K}{K} \text{ (ver Solow, op. cit).}$$

(d) Indice construido atribuyendo el valor 1.0000 a 1935 y sumándole las tasas de crecimiento anual de la columna anterior.

Fuente: Idem cuadro 6.1.

CUADRO 6.19

Principales ítems de maquinarias y herramientas

1926			1935			1938			1936			1945		
Cantidad	Item	% del total	Cantidad	Item	% del total	Cantidad	Item	% del total	Cantidad	Item	% del total	Cantidad	Item	% del total
1	Piedra esmeril	0,18	1	–	9,34	1	–	0,24	3	–	0,25	1	–	0,13
1	Bigornia	0,73	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	Cizalla	1,92	1	–	0,34	1	–	0,24	2	–	0,90	1	–	0,13
1	Machac. de piedras	0,38	–	–	–	1	–	0,59	1	–	0,36	1	–	0,32
1	Torno mec. c/pilar de ladrillos	1,31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	Caballetes	0,77	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	Bastidor de muela	0,58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	Punzonadora	1,92	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	Esmeriladora	1,92	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	Aplanadora	2,88	–	–	–	1	–	1,76	2	–	6,27	1	–	0,95
1	Caballete p/torno	0,48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,20
1	Sierra	3,84	1	–	0,17	1	–	0,12	5	–	3,76	3	–	3,28
1	Torno	38,44	3	–	16,35	4	–	22,37	7	–	3,76	4	–	10,97
1	Máquina para roscas	1,44	–	–	–	–	–	–	1	–	0,90	–	–	–
1	Máquina de agujerear	2,88	1	–	0,60	3	–	1,14	5	–	2,69	5	–	1,58
2	Motores	10,57	7	–	14,63	7	–	9,31	7	–	5,91	15	–	31,3
			2	Máquina de soldar	9,30	2	–	6,35	2	–	5,56	3	–	7,97
			1	Torno p/ Bruñidores	0,85	1	–	0,85	–	–	–	1	–	0,35
			1	Máquina p/ tricur	8,61	1	–	5,88	1	–	5,38	1	–	3,17
			1	Máquina p/ llenar piedras	0,85	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			1	Astillero	0,52	1	–	0,35	1	–	0,36	1	–	0,19
			3	Morsas	0,72	3	–	0,50	5	–	0,45	3	–	0,27
			2	Montantes	0,21	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			1	Transformador	2,58	1	–	1,76	1	–	3,58	1	–	4,53
			2	Bancadas	0,34	2	–	0,35	3	–	0,18	2	–	0,17
			1	Instal. p/ transfor.	1,1-	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	Máquinas antigás	13,77	–	–	11,52	–	–	–	–	–	–
						1	Respigadora	5,66	1	–	1,08	1	–	3,35
						2	Bobinadoras	1,42	2	–	0,90	2	–	0,76
						1	Generador	1,19	1	–	1,79	1	–	0,38
						1	Punzadoras	0,47	3	–	2,96	2	–	0,25
						–	Herram. diversas	1,05	–	–	0,81	–	–	0,56
						3	Refrigerador	6,92	1	–	5,38	1	–	3,73
						1	Máq. de lijar o atorn.	2,72	2	–	0,36	1	–	1,46
									2	Máquina de cortar hierro	1,08	–	–	–
									2	Cepilladoras	8,06	–	–	–
									1	Máq. p/ estam. tornillos	0,90	–	–	–
									1	Aparejo	0,90	–	–	–
												2	Medidores	1,73
												1	Compresor	0,86
												2	Aparato o gasógeno	3,56
	Total	73,74			73,30			82,26			64,53			88,43

Fuente: Idem cuadro 6.1.

3. Personal ocupado

La serie de mano de obra fue medida por el personal total empleado en la empresa (excluido el que trabajaba en la fabricación de máquinas no agrícolas, en la hacienda y en la construcción) en el mes de diciembre de cada año hasta 1969 (cuadro 6.13). A partir de 1970 se utilizó el promedio mensual de personal ocupado. El mes de diciembre parece reflejar el patrón anual de empleo, aunque éste haya variado sustancialmente de un mes a otro (cuadro 6.14). Este tipo de problema, insuperable por la falta de mayor información, puede distorsionar los índices de anuales productividad total y de productividad laboral. Sin embargo, el objetivo de este estudio es obtener tendencias de largo plazo, las que probablemente no resultan muy afectadas por estas distorsiones. Otra falla deriva de la imposibilidad de computar la cantidad de horas extras, que se dan con frecuencia en los períodos "pico" de producción (por ende, los índices de productividad de la mano de obra para estos años están sobrestimados). El cuadro 6.16 indica que la cantidad anual de horas extras osciló entre cerca de un 1 % de las horas totales trabajadas en un año de escasa producción, como 1977, y cerca del 10 % en un año de gran producción, como 1980.

También se preparó una serie utilizando únicamente el personal afectado a las secciones de producción, a fin de evitar que los ajustes diferenciales entre el nivel de empleo en la administración y la producción, que tienen lugar cuando varía el nivel de producción, afectasen nuestros índices. No obstante, no hubo mayores diferencias entre los resultados obtenidos con ambas series.

4. La productividad total

La productividad total se midió mediante la fórmula de Solow. El método empleado figura al pie del cuadro 6.18[176].

Traducción de Leandro Wolfson

[176] Ver R. SOLOW: "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics,* agosto de 1957.

CASO Nº 7

UN ASTILLERO COLOMBIANO[177]

Diego Sandoval y L. Jaramillo

Introducción

Este estudio se concentra en el análisis de la trayectoria industrial de CONASTIL –Compañía Colombiana de Astilleros Ltda.– Empresa que se dedica fundamentalmente a la reparación de embarcaciones y en menor escala a construcciones navales y metalmecánicas. La Empresa fue fundada en 1969 y en el momento abastece el 100 % del mercado nacional de reparaciones de barcos de 500 a 10.000 toneladas de peso muerto, además de obtener más del 40 % de sus ingresos en reparaciones para barcos de bandera extranjera, especialmente del área del Caribe, dado que el astillero compite favorablemente con otros situados en la Florida, México, Antillas Holandesas y Trinidad.

En efecto, la reparación u "overhaul" de un barco es una labor compleja, que requiere diferentes trabajos metalmecánicos como por ejemplo la reconstrucción del casco y de las estructuras internas del barco, la limpieza y pintura del buque, la reparación de sus sistemas propulsores o de sus motores. Por esta razón cada reparación se considera como un proyecto diferente y para dar una idea de la magnitud de los trabajos, se tiene que en ciertos casos una orden puede costar cerca de un millón de dólares.

En consecuencia, en este estudio se pondrá especial énfasis en el análisis de cómo la empresa ha adquirido experiencia no sólo en las técnicas de reparación sino en el manejo y control de las órdenes de trabajo, mediante el aprovechamiento de las tecnologías desarrolladas a nivel mundial y de su experiencia naval, lo que permitió el paso de una técnica tradicional de reparaciones en un dique flotante al empleo de un sincroelevador que permite el trabajo simultáneo en varios barcos y sitúa a la Empresa en una posición de frontera tecnológica en la reparación de embarcaciones de hasta 10.000 toneladas de peso muerto. Otro aspecto interesante en este estudio es el análisis de la capacitación del personal técnico y de obreros, dada la intensidad de mano de obra calificada que caracteriza esta actividad metalmecánica.

Teniendo como marco de referencia los anteriores criterios, el análisis de la trayectoria industrial de CONASTIL se dirigirá hacia tres campos de estudio:

a) Selección y aprendizaje de la tecnología y, capacitación técnica para la operación del astillero;
b) Ritmo y naturaleza del desarrollo productivo de la planta y,
c) Efecto de las variables macroeconómicas, de mercado o políticas en los dos aspectos anteriores.

En el primer capítulo de este estudio se presenta la evolución general de la empresa teniendo en cuenta sus diferentes etapas y a la vez su desempeño en estadísticas agregadas, incluyendo un análisis del mercado para sus servicios y productos.

[177] La presente constituye una versión abreviada del estudio presentado por Diego Sandoval y L. Jaramillo, y publicado como: "La industria de astilleros en Colombia: un estudio de caso de la empresa CONASTIL", *Monografía de Trabajo Nº 53,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Teconólogico en América Latina, Buenos Aires, 1982.

A continuación en el segundo capítulo se inicia el análisis de CONASTIL, con el examen de sus instalaciones, equipos y tipo de actividades que desarrolla la empresa. Este análisis, a más de proveer una adecuada descripción de los procesos que se llevan a cabo en la planta, sirve de marco de referencia para el estudio de su trayectoria.

El capítulo tercero continúa el análisis de la planta, concentrando la atención en tres aspectos fundamentales. En primer lugar, se examina el proceso de aprendizaje y transferencia de conocimientos técnicos que ha llevado a CONASTIL a su posición de liderazgo en el área del Caribe. A continuación se examina la evolución que ha tenido el manejo de órdenes desde el punto de vista de presupuestos, asignación y control de trabajos, talleres, servicios de apoyo y subcontratación de tareas. Por último, se intenta cuantificar estos desarrollos mediante algunos indicadores de productividad.

Finalmente, en el capítulo cuarto se integran todos los elementos analizados anteriormente, y se presenta una síntesis y conclusiones finales sobre el desempeño productivo del Astillero.

1. Historia de la empresa

La evolución del CONASTIL se presenta en este capítulo teniendo en cuenta dos aspectos: sus etapas de desarrollo y su desempeño a través de estadísticas agregadas, incluyendo los aspectos de mercado.

1.1. Etapas de desarrollo

La historia de CONASTIL se puede dividir en dos etapas:

a) Etapa de iniciación de operaciones: 1969-1974.

b) Etapa de relocalización y modernización: 1975-1982.

a) Etapa de iniciación de operaciones: 1969-1974

Los orígenes de CONASTIL se remontan básicamente al año 1935, cuando las instalaciones que pertenecían a la fuerza aérea para mantenimiento de hidroaviones pasaron a manos de la sección fluvial del entonces Ministerio de Guerra. Tres años más tarde, en 1938, el Departamento Técnico de la Armada Nacional construyó en esas instalaciones un varadero con capacidad para carenar buques hasta de 1.000 toneladas, el cual no se utilizaba con fines comerciales.

En 1968, con la fundación de la Empresa Astilleros y Servicios Navales de Colombia "EDANSCO" por iniciativa del gobierno, se decidió comercializar las actividades de un dique flotante de 3.500 toneladas de capacidad de levante que la Armada Nacional había recibido de la Armada Norteamericana en 1960. Este dique era un dique flotante de guerra totalmente autosuficiente, es decir con todos los talleres y servicios incorporados. De esta manera, la nueva empresa EDANSCO, entidad vinculada al Ministerio de Defensa, se constituyó en base a los equipos, enseres, instalaciones y terrenos de 50.000 m^2 aportados por la Armada y el Estado.

Un año más tarde, en 1969 se constituyó la Compañía Colombiana de Astilleros, CONASTIL, como una Sociedad de Economía Mixta y Responsabilidad Limitada, cuyos únicos accionistas eran EDANSCO y el Instituto de Fomento Industrial, IFI. La nueva sociedad alquiló las instalaciones del astillero de la Armada Nacional por un período de 10 años, con el fin de evaluar la factibilidad económica del nuevo proyecto e iniciar la prestación inmediata de servicios comerciales.

La iniciación de esa nueva etapa de comercialización del dique, ha sido el momento más crítico en la historia de CONASTIL, pues significó haber pasado de atender un único cliente (la Armada) a pasar a atender clientes nacionales y extranjeros. Para este propósito se contrató a un experto norteamericano en Astilleros para asesorar a la nueva empresa en aspectos técnicos de producción y equipos, asesoría que se prestó desde 1971 hasta 1974.

b) Etapa de modernización: 1975-1982

En 1975 comenzó a pensarse en la modernización del Astillero Comercial y fue cuando se contó con la asesoría técnica de las firmas NKK del Japón y Pearlson Engineering norteamericana para la selección del sistema de astilleros adecuado para el nuevo proyecto, y con la sección técnica del Instituto Nacional de Industria, INI, de España, en los aspectos de mercados. Es así como se seleccionó un astillero con varias posiciones de varada en tierra mediante el empleo de un sincroelevador.

En ese año, la empresa entró en una nueva etapa con el montaje y puesta en marcha del nuevo astillero con sede propia en otra área de la bahía de la ciudad de Cartagena y a la vez con nuevos equipos. Se comenzaron las labores de dragado y adecuación de terrenos con equipos propios, pero con asesoría de la Pearlson y de un experto norteamericano contratado por el PNUD. Un año más tarde, en 1976 se compró el diseño del sincroelevador a la Pearlson, firma que tiene patentado el equipo, los cabrestantes y el cuarto del control por un precio FOB de aproximadamente un millón de dólares de ese año. El resto del sincroelevador y de la planta fue construido por ingenieros colombianos contratados por CONASTIL, participando la Pearlson como entidad asesora, ante algunos problemas que surgieron durante el montaje y operación del equipo.

El sincroelevador entró en operaciones en setiembre de 1979, y el dique se desmontó para convertirse en chatarra en enero de 1980, sin embargo, recién en mayo de 1981 se comenzó a operar totalmente en la nueva y actual sede. Durante ese lapso (setiembre, 1979-mayo, 1981) se operó en ambas localizaciones, lo que ocasionó graves trastornos en los trabajos, por el transporte de materiales y piezas de una sede a otra. La transición ya está superada y puede decirse que con esta nueva organización CONASTIL entró en una nueva etapa que le está reportando la prestación más eficiente de sus servicios con mejoras en calidad y productividad. Todo esto se analizará más adelante.

Los cambios sufridos en CONASTIL, fueron fundamentalmente debidos al paso del viejo sistema del Dique Flotante, el cual fue el varadero más importante del país hasta que fue retirado de servicio a principios de 1980, al nuevo sistema de varias posiciones de varada en tierra mediante el uso del sincroelevador que entró en operación durante el año de 1979. La capacidad de atención a un mayor número de barcos al

mismo tiempo se aumentó de uno (dique flotante), a cuatro. La capacidad efectiva de levante se incrementó en un 152 % respecto de la anterior, ya que ahora se pueden atender buques hasta de 10.000 toneladas de peso muerto cuando con el sistema anterior solamente se podían atender buques de 3.500 TPM. También se cuenta ahora con talleres sensiblemente mayores a los anteriores e igualmente bien equipados, en donde se llevan a cabo las actividades metalmecánicas. Asimismo, se varió el tipo de embarcaciones pasando de bongos (pequeños barcos de transporte de combustible en río) a cargueros y graneleros.

Para la nueva etapa que costó cerca de 50 millones de dólares se contó con el aporte de un nuevo socio: PROEXPO. Dado que las tareas y la magnitud de las operaciones son diferentes a las antiguas, los métodos de trabajo variaron ostensiblemente y a pesar de que se tuvo que pasar por un período de adaptación al nuevo proceso de atención a varios barcos al tiempo y de mayor peso, la empresa se encuentra en este momento en una sólida posición de tecnología y equipos, ya que el uso de sincroelevador es una técnica de uso reciente en el mundo[178] además, de su adecuada localización en el área del Caribe.

1.2. Estadísticas agregadas

El propósito de esta sección es presentar una descripción general sobre la trayectoria de CONASTIL a través de las variables de producción, ventas totales, empleo a inversiones. También se presenta un análisis de las actividades del Astillero en el mercado externo, especialmente en el monto de sus operaciones y condiciones de competencia frente a otros astilleros del área.

A. Producción y ventas totales

Como ya se mencionó, las principales actividades de CONASTIL son la reparación y construcción total o parcial de embarcaciones marítimas y fluviales. Asimismo, realiza trabajos metalmecánicos, y presta servicios portuarios y de dragado.

Dentro de estas actividades la de mayor facturación a lo largo de toda la historia de la empresa es la reparación de embarcaciones, que en promedio para el período 1975-1981 fue el 71 % de las ventas totales. Le siguen en importancia construcciones con un 10 % en promedio para el mismo período, dragados con el 8,7 %, servicios con el 4,4 % y trabajos metalmecánicos con el 2,3 %.

En las reparaciones se encuentran las actividades de carenaje típico (varada, limpieza y pintura) trabajos en acero y reparaciones del sistema propulsor y motriz. En cuanto a facturación se tiene que los trabajos en acero y carenaje típico constituyen cada uno el 40 % de las ventas, quedando el 20 % restante representado en la llamada línea de eje (ejes, timón, hélices y también motores). Vale la pena aclarar, que dentro del carenaje típico, las labores de limpieza o "sandblusting", pintura y otras actividades como tareas electrónicas se subcontratan, representando aproximadamente un 20 % de los costos de ventas.

[178] En el momento de instalarse el equipo había 21 sincroelevadores en operación en el mundo, 7 en América Latina y 3 en el Area del Cribe.

El cuadro 7.1. presenta la evolución de las ventas totales desde la fundación de la empresa en 1969 hasta el presente.

Los años que presentaron un menor crecimiento en el valor de las ventas fueron 1972 y 1978, debido a que en el primero de estos años surgieron algunos problemas relacionados con la estabilización y adaptación de la empresa al nuevo ritmo de actividad que exigía la iniciación de las exportaciones en 1971. Y en el segundo año se debió fundamentalmente a que ese año representaba un período de transición tecnológica para la empresa.

El valor de las ventas en precios constantes presenta un comportamiento muy inestable y con disminuciones muy marcadas en 1972, 1974 y 1978 que se examinan posteriormente.

CUADRO 7.1

Ventas totales. 1969-1981

Año	Ventas totales (precios corr.) Millones de $	% crecimiento	Ventas totales (precios const.) 1981 - Millones de $	% crecimiento
1969	11,6	–	128,8	–
1970	24,9	114,66	246,5	91,3
1971	37,5	50,87	262,1	6,3
1972	37,2	– 0,99	230,6	– 12,0
1973	56,9	53,22	243,2	5,5
1974	67,7	18,93	233,4	– 4,0
1975	92,7	36,93	250,1	7,1
1976	123,2	32,90	268,0	7,1
1977	180,3	46,35	347,6	29,7
1978	188,6	4,60	298,0	– 14,3
1979	284,7	50,87	378,9	27,1
1980	358,0	25,75	422,3	11,4
1981	577,8	61,40	577,8	36,3

Fuente: Ventas a precios corrientes: CONASTIL; ventas totales a precios constantes, cálculos del autor.

B. Empleo

El cuadro 7.2. muestra cómo a través de la trayectoria de CONASTIL el empleo ha ido aumentando en forma estable, con la excepción de 1975, 1979 y 1980. En 1982 se espera contratar algunos obreros adicionales, cuando entre en operación la ampliación de las posiciones de varada. La disminución registrada en la tasa promedio de crecimiento de los últimos años, puede indicar que el proceso de renovación tecnológica ha originado una utilización más eficiente de los recursos de mano de obra disponibles, además de la disminución de los aprendices del SENA ya que la planta ha completado los requerimientos de personal necesarios a su nueva escala de producción.

CUADRO 7.2

Empleo total

Año	Total (a)	% de crecimiento
1969	238	5,0
1970	250	5,0
1971	256	2,4
1972	274	7,0
1973	292	6,5
1974	337	15,4
1975	388	15,1
1976	411	5,9
1977	437	6,3
1978	460	5,2
1979	537	16,7
1980	538	0,2
1981	589	9,5
1982 (b)	603	2,4

(a) El total incluye: Funciones técnicas; Funciones Administrativas; Obreros; Aprendices SENA.
(b) Junio 15, 1982.
Fuente: CONASTIL.

C. Inversiones

Tal como se explicó en secciones anteriores la Empresa CONASTIL funcionó entre 1969-1979 en las instalaciones arrendadas de la base Naval. Así, las inversiones de CONASTIL sólo se iniciaron a partir de 1973, año en el cual se hicieron las primeras inversiones en maquinaria y equipo. Las inversiones en instalaciones se inician en 1975, año en que se hacen los estudios sobre la justificación económica de contruir un astillero propio para la empresa. Este comportamiento se puede ver en el cuadro a y b (stock de capital a precios corrientes y constantes de 1981, respectivamente), que mues-

CUADRO 7.3 (a)

Inversiones anuales, a precios corrientes, 1973-1981

(En millones de pesos)

Año	Maquinaria y equipo A	Edificios e instalaciones B
1973	3,4	–
1974	4,5	–
1975	11,2	26,0
1976	35,3	74,8
1977	62,8	95,6
1978	63,7	370,2
1979	77,2	553,6
1980	82,4	900,0
1981	540,8	800,9

Fuente: CONASTIL.

tra las inversiones anuales en precios corrientes en maquinaria y equipo y en edificios e instalaciones. Con dicha información se construye el stock total de capital de la Empresa tomando a precios constante de 1981 dichas inversiones y deduciendo una tasa de depreciación tecnológica del 3 % anual.

Estos cuadros muestran cómo las inversiones en edicios e instalaciones crecieron en forma apreciable a partir de 1978 reflejando la construcción del nuevo astillero. En maquinaria y equipo las inversiones se concentran principalmente en 1981, correspondiendo a la dotación de los nuevos talleres de pailería, soldadura mecánica y motores ya que los equipos hasta ese momento eran arrendados a la Armada Nacional y pertenecían al viejo Dique Flotante. De acuerdo con los cálculos del cuadro 7.3. el valor en 1981 de los equipos, instalaciones y edificios de la planta era de 5.278 millones de pesos equivalente a unos 90 millones de dólares.

CUADRO 7.3 (b)

CONASTIL. Stock de capital (precios constantes 1981) 1973-1981 acumulado

(En millones de pesos)

Año	Maquinaria y equipo A	Edificios e instalaciones B	Total = A + B Capital
1973	19,0	–	19,0
1974	40,4	–	40,4
1975	83,0	99,6	182,7
1976	194,6	333,5	528,1
1977	348,4	259,7	608,1
1978	484,7	991,1	1.475,8
1979	619,9	1.894,1	2.214,0
1980	741,8	3.080,1	3.822,0
1981	1.304,9	3.973,4	5.278,4

Fuente: CONASTIL.

D. Mercado

Como ya se explicó en párrafos anteriores antes de 1969 CONASTIL sólo atendía barcos de la Armada Nacional y a partir de 1969 se decidió a ampliar el mercado de la empresa atendiendo otro tipo de barcos. De acuerdo con esto fue necesario que la empresa pasara por una época difícil para la consecución de nuevas órdenes, especialmente, en el exterior.

Hasta 1971 las actividades de CONASTIL se localizaban en el mercado nacional, pero a partir de ese año comienza a exportar sus servicios.

Su mercado exterior ha estado localizado principalmente en el área del Caribe. Un alto porcentaje de los barcos extranjeros que atiende actualmente son barcos-factoría de altamar cubanos de unas 5.500 t de peso muerto. También repara barcos panameños, estadounidenses, antillanos, ecuatorianos y algunos sudamericanos que consideran conveniente llegar a Cartagena vía el Canal de Panamá.

CUADRO 7.4

Evolución de los ingresos por exportaciones y de su participación en los ingresos totales, 1971-1981

Año	Ingresos por exportaciones (Millones $)	% de crecimiento	Ingresos por exportaciones, ingresos totales (%)
1971	7,9	–	21,0
1972	7,0	– 11,4	18,8
1973	13,3	90,0	23,4
1974	17,2	29,3	25,3
1975	36,3	111,0	39,9
1976	47,9	32,0	38,2
1977	55,9	16,7	30,6
1978	85,6	53,1	43,8
1979	99,7	16,7	35,0
1980	146,2	46,6	40,8
1981	252,2	72,5	41,7

Fuente: CONASTIL y cálculos de los autores.

El cuadro 7.4. nos permite observar cómo los ingresos por exportaciones han presentado una tendencia creciente en el período 1971-1981, con algunas excepciones como en 1972. El alto crecimiento que se registró en 1975 se debió al abandono definitivo de la reparación y construcción de bongos de río que fue reemplazada por órdenes para barcos extranjeros especialmente de Cuba y las Antillas.

Los principales astilleros competidores de la zona, en cuanto a reparación de embarcaciones, están localizados en la Florida (USA), México, Trinidad, Curaçao y Venezuela. En la Florida se encuentran localizados los astilleros grandes, con una capacidad semejante a la de CONASTIL, y cuentan con nuevos sincroelevadores.

En el área del Caribe, y posiblemente a nivel mundial, los precios de CONASTIL para varada y estadía son bajos. Por ejemplo en 1978 las tarifas en dólares eran las siguientes:

Actividad	Astillero			
	CONASTIL U$S	TRACOR (Florida) U$S	S.H. (Trinidad) U$S	CDM (Curaçao) U$S
Varada	505	603	1.058	600
Estadía (por día)	394	502	209	450

Fuente: Estudio INI. TEC sobre el mercado de reparaciones y construcciones navales, 1979.

Por otro lado, en cuanto a productos metalmecánicos CONASTIL cuenta con los mejores talleres de la Costa Atlántica en donde puede atender empresas privadas, públicas en todo tipo de construcciones metalmecánicas, ya sean calderas, equipos a pre-

sión o estructuras. Con la iniciación de la gran minería del carbón en la Costa Atlántica Colombiana la empresa ha comenzado a recibir órdenes de bienes de capital metalmecánicos para esas explotaciones, lo cual indicaría que en un futuro cercano este renglón de productos incrementará sustancialmente su participación en el total de ventas.

2. Actividades e instalaciones del astillero

En este capítulo se realiza una descripción y análisis de las actividades, como también de la planta y equipos de CONASTIL, adicionalmente se hace una comparación de las diferentes tecnologías o sistemas utilizados en los astilleros del mundo para poder situar al astillero colombiano a nivel mundial de acuerdo con la tecnología allí empleada.

2.1. Actividades desarrolladas en planta

Existen básicamente tres sistemas de varaderos en un astillero de acuerdo con el tamaño y peso del buque, como son el dique seco (varadero), el dique flotante, y el de varias posiciones en tierra con un sincroelevador. CONASTIL utilizaba para la reparación y construcción de buques un dique flotante y un varadero, sistemas que fueron abandonados paulatinamente desde 1976 hasta eliminarlos totalmente en 1980, para pasarse al empleo de varias posiciones de varada mediante el uso de un sincorelevador.

El dique seco sirve para buques pequeños de 500 TPM o menos o para buques grandes mayores de 50.000 TPM. Este sistema consiste en una rampa o plataforma inclinada en el agua a la cual llega el buque para ser levantado por grúas o remolques hasta sacarlo del agua, quedando sobre un varadero en tierra. El dique flotante es un sistema en el cual buques no mayores a 50.000 TPM entran dentro de un dique, que puede no estar en tierra firme, y luego se le extrae el agua mediante desgües o bombas, quedando el buque en seco para ser reparado. En diques no se pueden atender más de uno o dos buques simultáneamente por lo cual es importante la planeación de la cola de espera y no es práctico su uso en reparaciones o transformaciones extensas.

El más moderno sistema para embarcaciones pequeñas y medianas es el sincroelevador, el cual mediante una plataforma se sumerge en el agua levanta al buque, lo saca del agua para ser llevado mediante rieles y remolques a diferentes posiciones de varada donde es atendido. Las ventajas de este equipo son por ejemplo, que se pueden atender varios buques simultáneamente lo que a su vez también permite especializarse en reparaciones a fondo o contrucciones que tarden períodos más o menos largos.

Con el sincroelevador CONASTIL se colocó dentro de un reducido grupo de astilleros del mundo que poseen dicha tecnología, siendo este equipo el adecuado para barcos de hasta 10.000 TPM que representa más del 60 % de la demanda total por reparación en el Caribe. Este equipo se describirá en la siguiente sección del presente capítulo; previamente describiremos en forma breve los servicios que presta CONASTIL.

Los buques que llegan a CONASTIL, para reparación son generalmente pesqueros grandes o cargueros desde 500 hasta 10.000 toneladas de peso muerto, que usualmente piden cupo en el astillero con uno a tres meses de anticipación, lo cual contribuye a una eficiente planeación y organización interna.

Las reparaciones del buque, pueden ser voluntarias o para llenar requisitos exigidos por compañías de seguros, sociedades de clasificación, convenios internacionales, legislación del país de abanderamiento o un comprador de un buque usado. En el caso de CONASTIL, este astillero está afiliado a compañías de clasificación internacionalmente conocidas como Lloyd's Register of Shipping de Gran Bretaña, El American Bureau of Shipping de los Estados Unidos y otras agencias, quienes exigen a los propietarios de los barcos las constancias de mantenimiento para abrir y renovar su clasificación o su póliza de seguros.

La Lloyd's por ejemplo ha elaborado unas normas internacionales de resistencia (para clasificar buques) y de calidad en servicios, capacidad (para astilleros equivalentes a las normas DIN, ASME o ACTM de calidad y las clasifican con clase A, B, etc., siendo A la mejor. Esta sociedad exige que cada determinado lapso de tiempo el buque suba y se le haga un "overhault", labor que puede tardar tres meses. El armador debe cumplir con estos requisitos y lo debe hacer en un astillero afiliado a las Sociedades de Clasificación. Los trabajos los paga el dueño de la embarcación y en la mayoría de los casos ésta cuenta con un interventor que autoriza y vigila los trabajos. En cuanto a la clasificación de CONASTIL, ésta cuenta con la clasificación "A" de la Lloyd's.

Las reparaciones navales se pueden clasificar en cinco grandes grupos homogéneos para efectos de este estudio:

1. Carenaje típico:
   - Servicios de sincroelevador y varada,
   - Limpieza o "sand blasting" y pintura.
2. Trabajos en acero;
3. Reparaciones del sistema motriz;
4. Reparaciones del sistema propulsor; y
5. Trabajos en tuberías, valvulería, instalación eléctrica, carpintería, etc.

1. Carenaje típico

Esta es la rutina típica y más frecuente en un buque, aunque no siempre la de mayor facturación en CONASTIL. Consiste en la varada, la limpieza del casco o "sand blasting", pintura, limpieza de válculas y ánodos de zinc.

– Servicios de sincroelevador y varada.

El sincroelevador es un moderno equipo de varada que consiste en una plataforma de levante de buques mediante la cual se sacan los buques del agua para ser atendidos en posiciones de varada en seco. Estos servicios comprenden el bloqueo del barco en la plataforma sumergida del sincroelevador, su subida a tierra y posterior traslado a su posición de varada.

– La limpieza o "sand blasting" y pintura.

Es una de las tareas que CONASTIL subcontrata, por ser una labor costosa aunque no especializada en la cual no se tiene experiencia ni el personal disponible. Dentro de

esta actividad está la limpieza del casco, de las rejillas y cajas de mar, de las válvulas de fondo, de anclas y cadenas.

Las pinturas que se aplican son de diferente tipo (convencionales, con base en cuacho clorado, epóxicos con base en zinc inorgánico, etc.) y corresponden a diferentes grados de limpieza con chorros de arena "sand blasting"; adicionalmente a la pintura, se colocan unos ánodos de zinc a lo largo del casco que previenen la creación de corrientes galvánicas que pueden ocasionar perforaciones con el tiempo y la acción del agua salada. En el siguiente capítulo se analizan en más detalle éstas y otras actividades subcontratadas que representan aproximadamente el 20 % del costo de ventas de la empresa. Las tareas de carenaje típico constituyen el 40 % de la facturación total de CONASTIL, y la duración promedio, es de 5 días, siendo el astillero muy eficiente en relación con otros del área del Caribe.

2. Trabajos en acero

Esta es una actividad que representa el 40 % de la facturación aunque no es una rutina típica, y consiste en la reparación, calibración o reconstrucción del casco o estructuras del barco mediante el empleo de láminas de acero que son dobladas y cortadas y de estructuras que son preparadas en los talleres de pailería y de mecánica para que posteriormente sean soldadas o montadas en el barco.

3. Reparaciones del sistema motriz

Esta tarea es poco frecuente y tiene una baja participación en la facturación. Comprende todas las reparaciones del motor principal y de motores auxiliares y bombas. En el taller de mecánica se pueden reconstruir motores diesel de hasta 2.000 caballos de fuerza.

4. Reparaciones del sistema propulsor, o línea ejes

Son las que se realizan en los sistemas del timón, la tobera, eje de cola y las hélices. Estas tareas se llevan a cabo en el taller de mecánica y consisten en reparación, rectificación o construcción de dichos componentes. Tal es el caso de la tobera que es un complemento del timón y ayuda a la hélice para mejorar la eficiencia de propulsión del buque.

5. Trabajos menores

Son los que se realizan en tuberías, carpintería, instalación eléctrica y refacciones superficiales. También se pueden incluir las labores electrónicas y de rectificación de cigüeñales que exigen precisión y son muy especializados y por lo tanto se subcontratan.

En resumen se tiene que a un buque se le hacen trabajos de reparación en cuatro áreas principales; la rutina típica de "carenaje" que incluye varada, limpieza, pintura y

ánodos de zinc, trabajos de "cambio de acero en casco" y en la estructura interna que sostiene el casco, que aunque no es una rutina típica, es importante por su facturación; trabajos en el "sistema propulsor" o línea ejes (timón, tobera, hélices y ejes de cola); y finalmente la "reparación de motores y bombas", es decir del sistema motriz. Estas dos últimas representan aproximadamente un 20 % de la facturación en CONASTIL.

Además de los anteriores, la firma realiza trabajos metalmecánicos varios, de relleno y dragado, etc. Estos se refieren a órdenes explícitas de construcción o reparación de equipos, subconjuntos, etc. Por ejemplo, para grandes proyectos de infraestructura se reciben órdenes de construcción de algunos componentes metalmecánicos, ya sea tanques atmosféricos y de presión, calderas, estructuras metálicas, etc.

También se efectúan trabajos de reparación para las numerosas plantas termoeléctricas, petroquímicas y de servicios públicos de la Costa Atlántica, ya que los talleres metalmecánicos de CONASTIL son los más grandes de la Costa en trabajos de acero, soldadura y mecanizado.

Dentro de los servicios de dragado y relleno se encuentra la limpieza de muelles accesorios a la base naval de CONASTIL y otras instalaciones de la bahía de Cartagena.

2.2. Descripción de la planta y de los equipos

Para el desarrollo de estas tareas la empresa cuenta con varias dependencias o secciones que se pueden observar en el gráfico 7.1 Este esquema corresponde a la planta actual en su nueva localización, con el sincroelevador y cuatro posiciones de varada, todo lo cual reemplazó al viejo dique flotante y varadero de la base naval.

En primer lugar, está la plazoleta en donde se encuentra el más moderno equipo, el sincroelevador, cuya plataforma flota sobre el mar y desciende para el levante de los buques. A continuación, hacia tierra firme, hay dos muelles, uno al norte y otro al sur; se tiene un puesto o caseta del control del sincroelevador y en seguida se encuentran las posiciones de varada, (en este momento hay cuatro en operación, próximamente serán ocho), con una zona intermedia llamada "zona de transferencia" en donde se distribuyen los buques a sus respectivos varaderos, mediante rieles y grúas de acuerdo con el turno o a la urgencia asignada por la empresa. En una sección posterior, se encuentran los dos talleres básicos, el de la pailería y el de mecánica con su caseta de equipos, la escuela de capacitación y finalmente se encuentran el patio de bodega, el almacén, la parte administrativa y de servicios generales.

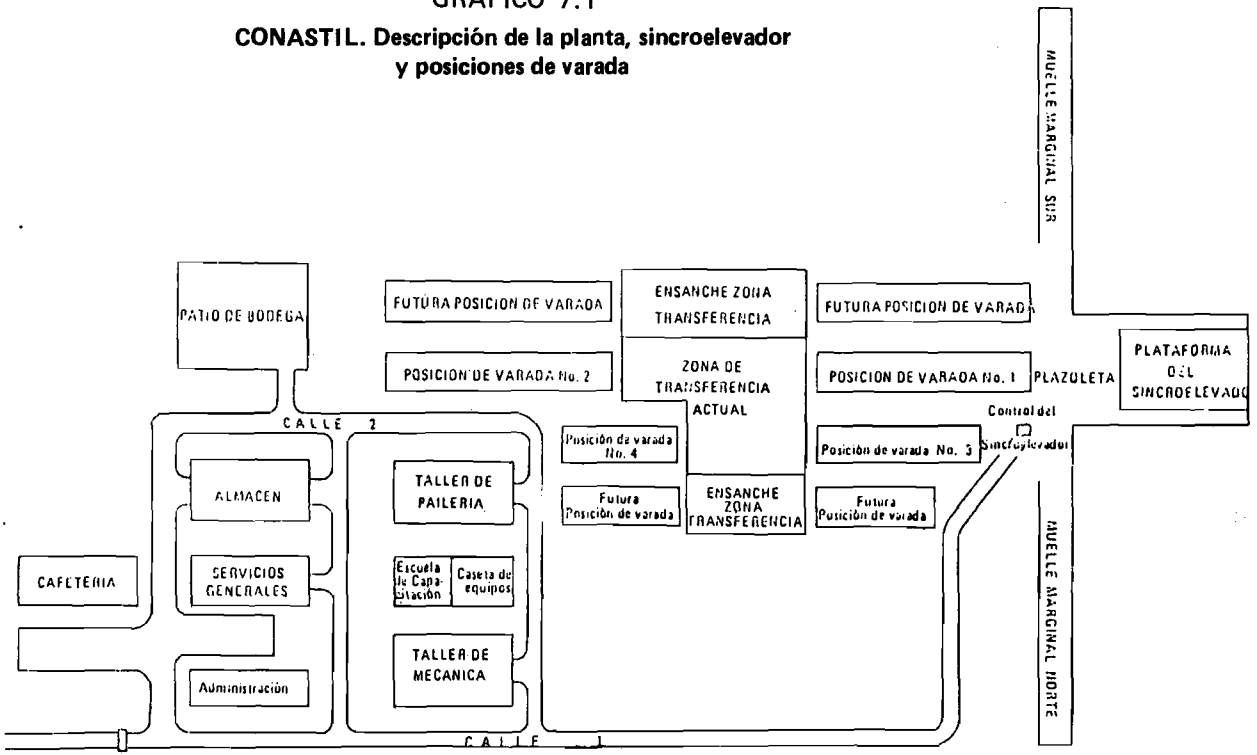
Describamos brevemente cada sección, comenzando por el sincroelevador, que es el punto de partida de las órdenes de trabajo.

a) Sincroelevador

El "sincrolift" (sincroelevador) es el más moderno equipo para levante de embarcaciones mediante el cual el Astillero puede tener varias posiciones de varada y atender varios buques simultáneamente. Fue diseñado, montado y puesto en marcha por el inge-

GRAFICO 7.1

CONASTIL. Descripción de la planta, sincroelevador y posiciones de varada



Fuente: CONASTIL.

niero Pearlson de nacionalidad cubana, radicado en Miami, quien lo inició con lanchas y embarcaciones muy pequeñas. Al comprobar su eficiencia lo perfeccionó adaptándolo para embarcaciones más grandes, patentó su diseño y fundó la firma Pearlson Engineering que tiene la exclusividad para comercializarlo y prestar asesoría técnica para su montaje a los astilleros del mundo.

Hoy en día, se encuentran en operación alrededor de 120 sincroelevadores básicamente para embarcaciones hasta de 10.000 TPM (CONASTIL); existe uno en Buenos Aires de Tandanor S.A. con capacidad para levantar buques de hasta 43.000 TPM y se está construyendo uno en California, Estados Unidos, para embarcaciones de 48.000 TPM.

El equipo consta de una plataforma de levante de 117 metros de largo por 22 metros de ancho, que se sumerge en el agua hasta una profundidad de 11 metros. En esta posición entra el buque que se va a atender, y unos buzos lo bloquean dentro de una cuna especial según las características del casco de la embarcación. La plataforma junto con el buque son elevados mediante un sistema sincronizado de 28 cabrestantes con sus respectivos juegos de cables de acero; cada cabrestante tiene una capacidad de 250 toneladas de levante. Esta maniobra es dirigida por un técnico situado en la plazoleta, quien se comunica con el operador situado en la plazoleta, quien se comunica con el operador situado en el centro de control, donde se encuentran los mecanismos para subir, bajar y detener la plataforma automáticamente, dependiendo de cómo se distribuya el peso según la configuración del casco de la embarcación. Cuando se ha alcanzado la posición normal de varada y el buque se encuentra al mismo nivel de las instalaciones en tierra, la plataforma se detiene automáticamente.

El buque entonces es llevado por rieles hasta la posición de varada que la empresa asigna de acuerdo con la urgencia de salida y las labores que se le deben hacer al buque. Los cabrestantes que levantan la plataforma están instalados sobre dos espigones de concreto, reforzados que conforman el muelle del sincroelevador. Cada uno de estos espigones tiene 145 metros de largo por 10 metros de ancho. La placa de concreto está soportada por 685 pilotes marinos hincados a 32 metros de profundidad.

El diseño del sincroelevador se compró en 1976 a la Pearlson Engineering, junto con los cabrestantes y el cuarto de control hecho en Gran Bretaña con diseños de Pearlson, por un valor de aproximadamente un millón de dólares FOB de ese año. La Pearlson y el PNUD prestaron asesoría en el dragado, un año antes; tarea bastante complicada pues consistió en la construcción de pilotes de 45 metros de profundidad hincados en el mar y fue hecha por ingenieros colombianos. La Pearlson sigue prestando asesoría técnica por correspondencia. La plataforma, las obras civiles de pilotaje y los muelles se construyeron por firmas de ingeniería de Colombia, una de las cuales fue consultada para la instalación de otros sincorelevadores por la precisión con la cual se instaló la plataforma. El "lay out" fue aportado a CONASTIL por técnicos de astilleros españoles, y consultores contratados por el PNUD.

Este sincroelevador ha sido clasificado como clase "A" o sea la mejor categoría dentro de las normas de calidad establecidas por la Lloyd's Registre of Shipping de Gran Bretaña, lo cual es una garantía para los clientes del Astillero.

b) Muelles

Al norte y al sur del sincroelevador CONASTIL cuenta con un total de 545 metros de muelles, los cuales tienen un calado de 21' y están habilitados con sistemas de energía, gases, agua salada y agua dulce, para prestar servicios y realizar trabajos a flote en los barcos. Como se mencionó fueron construidos por ingenieros nacionales.

c) Posiciones de varada y zona de transferencia

Como ya se mencionó con los sistemas tradicionales de varada (dique seco y dique flotante), no se pueden atender varios buques simultáneamente y por lo tanto, no se permite la especialización en reparaciones a fondo que requieran períodos largos.

Con el sincroelevador, a medida que vaya aumentando la demanda de reparaciones, se pueden ir adicionando posiciones de varada en tierra, con economías de escala. En la actualidad CONASTIL cuenta con cuatro posiciones de varada en tierra, lo que significó incrementar tres veces su capacidad de reparaciones respecto del anterior sistema de dique flotante, estando en capacidad para atender cuatro y hasta seis buques al mismo tiempo. Para agosto se ampliará a seis posiciones de varada, y para finales del año se contará con un total de ocho posiciones de varada en tierra, teniendo suficiente terreno para futuros ensanches, pues el astillero fue diseñado para doce posiciones de varada en tierra.

Una posición de varada en tierra consiste en una plataforma en concreto, de 125 metros de largo por 15 metros de ancho, anclada en 248 pilotes de 15 metros de profundidad en promedio. A lado y lado de la plataforma tiene ductos que alimentan los servicios de agua, energía, aire y gases necesarios para los trabajos que se realizan en el barco.

La zona de transferencia horizontal consiste en un entramado de vigas, carrileras, longitudinales y transversales e intercambiadores que partiendo del sincroelevador es transportado el buque hasta su posición de varada mediante mulas de arrastre de hasta 65 toneladas, que remolcan el carro sobre el que va la embarcación. Las cuatro líneas de rieles tienen una longitud de 3.700 metros.

d) Talleres

Para realizar las actividades navales y metalmecánicas existen varios talleres, como son los talleres de mecánica y motores, pailería, soldadura, electricidad, fundición y carpintería; siendo los principales el de mecánica y motores y el de pailería. El área total de estos talleres en la nueva instalación es de 5.000 m^2 y se puede decir que los equipos casi en su totalidad son nuevos, ya que en la antigua planta estos eran arrendados a la Armada Nacional. Antes se contaba con menos máquinas pero más especializadas, que aún se arriendan algunas veces, al contrario de la situación actual en que se cuenta con más equipo pero no tan especializado, pues no se necesita. Los talleres estaban integrados al Dique Flotante, muy diferente a la situación actual en la que se cuenta con áreas especiales para estas actividades.

3. Trayectoria productiva de CONASTIL

En este capítulo se examinarán los desarrollos efectuados en las diferentes áreas de la empresa y su incidencia en algunos indicadores de productividad.

Desde su fundación, en 1969, CONASTIL ha experimentado transformaciones en su organización administrativa, localización y distribución de planta, escala de operaciones, conocimiento técnico, manejo de las órdenes de trabajo, diversificación de sus actividades y en fin muchos otros aspectos que conforman la historia de la empresa.

El análisis se concentrará en tres aspectos fundamentales: En primer lugar se examinan aspectos de transferencia de conocimientos técnicos, aprendizaje, empleo y entrenamiento. A continuación estudiamos el desarrollo que ha tenido el manejo de órdenes de reparación de barcos. La razón en ocuparnos en esta sección exclusivamente de las actividades de reparación y no de construcciones navales o metalmecánicas, se debe a la intención de estudiar detenidamente el manejo de las órdenes de trabajo y a la vez que estas tareas son las que determinan más del 75 % de la actividad de la planta. En el estudio de las órdenes de trabajo nos detendremos en los aspectos de presupuestos, asignaciones y control del trabajo, talleres, servicios de apoyo, manejo de inventarios y subcontratación de tareas.

Por último, el capítulo presenta algunos indicadores de productividad y su análisis temporal.

3.1. Tranferencia de tecnología, aprendizaje y empleo

En la historia de CONASTIL, como se mencionaba en el primer capítulo, se identifican dos etapas que coinciden con el cambio de localización en 1979. En cuanto a transferencia de tecnología y aprendizaje se observan las mismas dos etapas.

Desde 1938 se han reparado barcos en Colombia. Desde esa época se efectuaban tareas de mantenimiento en el casco y algunas reparaciones menores en los sistemas de propulsión y motrices de las embarcaciones. Estas primeras operaciones estaban a cargo del Departamento Técnico de la Armada Nacional, quien construyó en ese año un varadero, el cual se reemplazó en 1960 por un dique flotante con capacidad de 3.500 toneladas de capacidad de levante; este dique representó una considerable ampliación en las posibilidades de operación, ya que se podían atender barcos de una capacidad tres veces mayor. Todas estas actividades de reparación eran dirigidas por ingenieros navales de la Armada, los cuales en su gran mayoría aplicaban técnicas adquiridas en acuerdos de intercambios con la Armada de los Estados Unidos.

Estas actividades se veían complementadas con muchos astilleros pequeños como UNIAL, Astilleros Magdalena Asitvar y Naviera Fluvial de Colombia, todos localizados en Cartagena o Barranquilla, empresas que se dedican a la reparación o construcción de pequeñas embarcaciones, en instalaciones que en la mayoría de los casos no pasan de una capacidad de 300 toneladas de levante. El origen de estas firmas se remonta a los años cincuenta y sesenta; en general todos estos astilleros se basaban en talleres metalmecánicos generales, que paulatinamente se especializaron en soldadura y trabajo con láminas de acero.

Con esto se cierra la época previa a CONASTIL, empresa que se fundó en 1969 con base a las instalaciones de la Armada y a su experiencia en la reparación y construcción de buques. La empresa se fundó con el ánimo de explotación comercial de sus servicios y para ello fue fundamental la vinculación del IFI, Instituto de Fomento Industrial, ya que la nueva firma contaría a más del apoyo de capital de una clara orientación empresarial de competencia frente a astilleros de reconocida experiencia en el sur de los Estados Unidos y el Caribe.

A pesar de la experiencia que se había acumulado en los años previos a la iniciación de operaciones, se decidió enviar durante seis meses a tres ingenieros a Alemania y la Unión Soviética a familiarizarse con las actividades de un astillero comercial. Hacia 1971 la gerencia trajo como consultor residente a un ingeniero norteamericano que colaboró durante cuatro años en la organización de la planta y en la adquisición de nuevos equipos. Para 1971 la empresa había iniciado trabajos para barcos extranjeros.

La rápida expansión de ventas en los primeros años, obligó a la junta directiva de la empresa a estudiar el traslado a unas instalaciones más amplias y apropiadas y cambiar del viejo dique flotante a la instalación de un sincroelevador que permite el uso de varias posiciones de varada en tierra. La decisión de pasarse a este sistema fue resultado de dos estudios, uno de mercado realizado por el INI, Instituto Nacional de Industria, (español) y otro técnico, elaborado por la firma japonesa NKK.

Por otra parte, a partir de 1975 se inició un convenio de asistencia técnica durante 7 años con diferentes astilleros del mundo. Este programa fue financiado por el PNUD y tuvo un costo de U$S 480 mil dólares distribuidos en tres áreas de asistencia: 1) Financiación de asesores internacionales en el área técnica por períodos de hasta tres meses, por este concepto han venido a trabajar en CONASTIL técnicos de España, Canadá, Estados Unidos e Italia. 2) Entrenamiento en el exterior de técnicos colombianos, es así como han viajado unos 12 ingenieros y técnicos de la planta a partir de 1975 a astilleros o empresas navieras de España, Unión Soviética, Italia y Ecuador. Hacia astilleros españoles se ha concentrado preferentemente el envío de profesionales, en 1977-1978, 7 ingenieros viajaron a los Astilleros de Santander; posteriormente dos más han ido a los Astilleros de Cádiz. 3) Suministro de equipos para laboratorios y capacitación (equipo de rayos X, de video, cassettes y manuales de entrenamiento, etc.).

Este convenio terminó en julio de 1982 con el envío a Cádiz de dos ingenieros y la llegada de un experto español en técnicas de reparación de buques. Para la empresa este convenio ha sido de gran utilidad en la actual etapa de modernización, ampliación y adaptación a la nueva planta.

Como se aprecia, a más de la tradición heredada de la Armada Nacional son varios los acuerdos de asistencia técnica externa que ha mantenido la empresa a partir de su establecimiento en 1969 y que han ayudado al desarrollo de sus cuadros técnicos. En cuanto a operarios, las diferentes ocupaciones que existen en la planta requieren un alto grado de especialización: la más exigente es la de soldadura, dado que debe tener una calidad excelente la soldadura de casco y la estructura interna de un barco, además de exigir una resistencia bastante alta dada la incomodidad en que se desarrolla esta tarea. Los obreros de pailería son expertos en el tratamiento y manejo de láminas de acero, las cuales deben ser contratadas y acondicionadas a cada una de las necesidades de reparación o construcción que tiene cada orden.

Como se comprende esta es una actividad industrial intensiva en mano de obra calificada y sólo con un entrenamiento intensivo en planta los operarios pueden lograr altos índices de productividad. Los obreros de CONASTIL se inician como estudiantes del SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje, los cuales posteriormente pasan a la planta con la categoría de operarios terceros, o sea personas que recién han terminado su entrenamiento en el SENA. CONASTIL tiene una sección especial en el SENA de Cartagena, dedicada a la ingeniería naval, en estas instalaciones a más de contar con equipos cedidos por CONASTIL, los operarios se inician en las actividades de soldadura y trabajo en láminas y obviamente en el conocimiento general de la ingeniería naval.

Desde 1969 hasta 1976, el total de aprendices del SENA representaba aproximadamente un 20 % del empleo total en planta. A partir de 1976 esta proporción disminuye rápidamente, especialmente en los últimos tres años cuando representan menos del 3 % del empleo total.

Estas variaciones se explican como parte del proceso de establecimiento y consolidación de la empresa, que en su primera etapa se apoyó fundamentalmente en el SENA para construir su base de capacitación y formación de cuadros técnicos. Sin embargo a medida que la Empresa se consolida y se estabiliza la necesidad de ampliación de la base de obreros se ve considerablemente reducida, ya que el astillero ha entrado en una nueva etapa de crecimiento estable y por consiguiente sus necesidades de aumento de mano de obra son mucho menores que en la primera etapa de rápido crecimiento.

La instrucción del SENA constituía al comienzo el primer paso básico de formación técnica para el futuro obrero calificado, paso que le permitía ingresar a la empresa e iniciar su formación especializada.

Así a partir de los cursos del SENA, se inicia un proceso formal de entrenamiento con cursos y ascensos que al cabo de varios años consigue obreros altamente calificados. Un obrero tercero asciende a obrero segundo y después a primero, quienes forman la gran mayoría de los operarios, en este momento obreros primeros son casi el 45 % del total. Aparte de estas categorías en cada una de las dependencias, o sea soldadura, pailería, motores, maniobras, equipos rodantes, electricistas y draga, existen los maestros que son obreros que ya tienen a su cargo cierta responsabilidad y ciertas tareas: como mínimo cuentan con cuatro o cinco años de experiencia y entrenamientos internos dentro de la planta.

El cuadro 7.5 presenta la evolución de esta estructura de entrenamiento en cuanto a número de técnicos, administrativos y operarios que han pasado por alguna de las opciones de capacitación descritas anteriormente. Los cursos los dictan personas especializadas u obreros maestros; la administración del sistema de entrenamiento demanda dos personas de tiempo completo. En cuanto a empleo, en el cuadro 7.6 se presenta su evolución a partir de 1969, según diferentes categorías, tanto a nivel técnico, administrativo y operarios.

Los cambios más importantes en los niveles de empleo se dieron en el período de traslado a las nuevas instalaciones (1978-1980). Así se tiene que en relación a las diferentes clases de operarios se pasó de 106 a 150 soldadores, al iniciarse la actividad simultánea en las dos localizaciones; en pailería también se pasó de 87 a 127 operarios en el período de 1978 a 1980 y de 20 a 36 operarios entre 1979 y 1981 para el trabajo de motores; en maniobras también ha habido aumentos importantes y en la de suministro de servicios como electricidad, gas, etc., se pasó de 9 a 19 en el mismo período.

CUADRO 7.5

CONASTIL. Capacitación de obreros en planta según categorías 1976-1981

Año	Maestros	Obreros primeros	Obreros segundos	Obreros terceros
1976	15	15	30	30
1977	15	30	30	45
1978	30	30	30	60
1979	30	30	45	75
1980	30	45	45	90
1981	35	45	60	105

Fuente: CONASTIL.

CUADRO 7.6

CONASTIL. Distribución del empleo según categorías, 1969-1981

Año	Profesionales	Otros: Funciones técnica	Otros: Funciones admin.	Obreros: Soldadura	Obreros: Pailería	Obreros: Mecánica	Obreros: Motores	Obreros: Otros	Total obreros	Aprendices SENA	Empleo total
1969	14	10	30	40 (a)	20	5	5	72	142	42	238
1970	15	10	35	(b)	—	—	—	—	144	46	250
1971	16	14	36	—	—	—	—	—	144	46	256
1972	16	15	39	—	—	—	—	—	156	48	274
1973	18	19	36	—	—	—	—	—	171	48	292
1974	18	20	42	—	—	—	—	—	202	55	337
1975	18	23	51	—	—	—	—	—	236	60	388
1976	18	23	56	—	—	—	—	—	264	50	411
1977	18	25	60	—	—	—	—	—	293	41	437
1978	20	27	63	106	87	18	24	79	314	36	466
1979	21	30	66	150	96	21	20	82	369	51	537
1980	22	33	77	147	124	20	21	89	401	5	538
1981	23	38	81	166	137	25	36	73	437	10	589
1982 (Jun. 15)	27	43	80	170	137	23	30	78	438	15	603

(a) Obreros al iniciar operaciones CONASTIL.

(b) Al momento de escribirse este informe no se disponía de información completa sobre distribución de empleo en los obreros de planta en los años 1970 a 1977.

Fuente: CONASTIL y cálculos de los autores.

También los profesionales a cargo de la administración, de los proyectos u órdenes de reparación, y del manejo de la planta han aumentado de 18 en 1973-1975 a 27 en 1982. En el momento de llevarse a cabo este estudio, la empresa contaba con 23 ingenieros en su mayoría navales y mecánicos lo cual significa un apreciable incremento frente a los 12 ingenieros empleados en 1975.

Otro aspecto interesante en la evolución del empleo, se refiere a la mayor participación de empleados en funciones técnicas en relación a funciones administrativas. Así se tiene que en 1969 la proporción era de 1 a 3 (10 en funciones técnicas y 30 en administrativas) en 1976 la relación era 1 a 2,4 y en 1982 es de 1 a 1,8 (43 en funciones

técnicas y 80 en administrativas). Esta tendencia se debe a la gran expansión de las actividades productivas de la Empresa, la cual ha llevado a una mayor utilización de la organización administrativa existente.

Finalmente, observando la distribución de obreros en el momento de iniciación de actividades de la Empresa en 1969, en relación a 1978 ó 1982 se observa el alto grado de especialización de la mano de obra. Así se tiene que los obreros en las ocupaciones principales (soldadura, pailería, mecánica y motores) han aumentado en proporciones de 1 a 4 en el caso de soldadura a 1-6 en pailería o motores; en cambio en la categoría de otros la cifra absoluta es casi igual 72 en 1969, contra 78 en 1978 y 78 en 1982. Esta categoría comprende obreros de maniobras dique, draga, ayudantes, categorías que han tenido una sensible reducción con el traslado a las nuevas instalaciones. En cambio en otras categorías de otros como electricidad, equipos rodantes y mantenimiento, el número de operarios ha aumentado con las nuevas instalaciones. Sin embargo, la estabilidad del empleo total en estas categorías indicaría que estos servicios de apoyo a las actividades productivas se están utilizando con mayor intensidad a medida que aumentan los niveles de operaciones.

En la tercera sección de este capítulo se mide la evolución de la productividad del trabajo en la planta a partir de su fundación en 1969.

3.2. Desarrollos en el manejo de órdenes

Los barcos que reparan en CONASTIL son pesqueros grandes. Uno de los puntos cruciales en el manejo de la planta es el tratamiento que se le da a cada orden de trabajo, es decir a cada barco. La empresa considera cada reparación un proyecto independiente el cual sufre diferentes pasos e instancias desde el momento en que se decide hacer la reparación hasta que finalmente sale el barco. Generalmente todos los barcos que llegan a Cartagena para reparaciones piden turno anticipadamente. Estos barcos están afiliados a algunas de las agencias internacionales de clasificación. Las más comunes son: Lloyd's de Gran Bretaña, el American Bureau of Shipping de los Estados Unidos y otros de agencias de Noruega, Alemania, Francia e Italia.

En general, para que un barco sea acreedor a los seguros, tiene que tener un registro de clasificación en una de estas compañías y este registro implica la obligación de satisfacer condiciones mínimas de funcionamiento. Así una compañía dueña de una embarcación escoge el astillero donde debe ser hecha la clasificación del barco y comunica a la sociedad de clasificación, tal decisión; ésta, a su vez, manda a Cartagena, en el caso de ser CONASTIL, la empresa escogida, un interventor de la obra de reparación que necesita el barco para poder ser clasificado, quien estará en una oficina propia que le provee CONASTIL durante el tiempo de reparación, supervisando la reparación y autorizando gastos adicionales a los originalmente contratados en el caso que la clasificación así lo requiera. Después de ser clasificado el buque debe someterse a reparaciones periódicas de rutina, las cuales también contratan las empresas aseguradoras.

Ocasionalmente, también llegan barcos que han sufrido algún daño en sus rutas y requieren reparaciones de emergencia. Otro caso de ocupación del astillero se da en el caso de conversiones de un tipo de barco a otro, como es el caso de cambiar el uso de un barco carguero a granelero o de contenedores, sin embargo, estos dos últimos casos,

representan menos del 5 % del total de facturación. A CONASTIL llegan barcos pequeños de cabotaje o pesqueros, que aunque no están clasificados requieren reparaciones periódicas. Este tipo de reparaciones contribuye con un 20 % del total de ingresos por reparaciones.

En esta sección nos ocuparemos primero de los aspectos administrativos de presupuestos, asignaciones y control del trabajo e inventarios, después de la organización de los talleres y servicios de apoyo a las tareas de reparación y por último examinaremos aspectos de subcontratación.

A. Presupuestos, asignación y control del trabajo e inventarios

La orden de reparación es dirigida por un ingeniero naval, quien evalúa a la llegada del barco, las necesidades de reparación que tiene. Con base a esto se hace un presupuesto preliminar, el cual se deja como cotización inicial del trabajo. A medida que transcurren las repaciones se puede ir adicionando esta orden, de acuerdo con las nuevas reparaciones que sean necesario hacer, previo acuerdo del delegado de las sociedades de clasificación, o sea de las compañías de seguros y el responsable del barco.

El departamento de presupuestos, con base en la estimación que se hace de las necesidades de reparación procede a hacer un plan de trabajo, el cual requiere la asignación de diferentes tareas de reparación con sus dedicaciones de tiempo de hombres, con lo cual se saca un tiempo total de trabajo incorporando a la orden materiales necesarios, especialmente en láminas de acero, pintura, etc., necesidades de trabajo en talleres y consumos de electricidad, agua y gas.

Desde su comienzo CONASTIL ha tratado cada proyecto, o sea cada orden de reparaciones, como un proyecto independiente, que se está llevando a cabo en la Empresa y se le ha aplicado una contabilidad de costos estándar para su ejecución, en la cual se asignan horas/hombre y materiales necesarios para su reparación. Desde 1974 la compañía instaló un sistema computarizando por tarjetas. En este momento se cuenta con un minicomputador Bourroughs B-80 el cual ha sufrido varias adiciones a partir de su compra hace cuatro años. En este computador se hace la planeación de las necesidades de mano de obra y trabajadores para cada una de las diferentes órdenes de trabajo, la cual produce un presupuesto inicial y control diario del avance del proyecto.

Obviamente cada proyecto tiene que estar en concordancia con las disponibilidades totales de mano de obra de la planta, capacidad de sus talleres, y la cola de trabajos que existan, por lo tanto, a más de cada proyecto de tener un sistema de prioridades o CMP de programación de tareas se tienen ciertos algoritmos de control de programación para asignar las disponibilidades y prioridades de empleo de mano de obra y equipos en la planta en los diferentes proyectos.

Como se mencionaba desde su comienzo, se ha empleado este sistema de contabilidad de costos aunque paulatinamente se han ido incorporando nuevas sistematizaciones a este proceso. Es así, como desde hace tres años por computador se producen diariamente la asignación de cada persona de la planta a cada proyecto o cada reparación y las horas que debe trabajar y las tareas que deben desarrollarse o sea que cada operario de la planta tiene que consultar los listados de computador que le asignan las tareas a realizarse en ese día. También ese control diario de computador permite llevar

cuanamente control sobre el grado de ejecución y el costo de cada obra. Ultimamente se sistematizan los inventarios que tienen cerca de 4.600 ítem, a más de los programas de nómina, contabilidad general y otras rutinas menores.

La organización de un astillero de reparaciones es muy diferente a uno de construcciones, especialmente en las áreas de organización, control y planeación de la producción. Además existen diferencias en sus estrategias de mercado.

En efecto, podemos señalar las siguientes características típicas de un astillero de reparaciones.

1. La planeación de los volúmenes de trabajo sólo se puede hacer con un horizonte de corto plazo, máximo tres meses.
2. Los presupuestos iniciales son sólo aproximaciones a las necesidades totales que requerirá un buque en cuanto a mano de obra, materiales y servicios de talleres. En consecuencia los programas de asignación, control y planeación de recursos, dados los imprevistos, implican muchas holguras en dichos programas.
3. En construcciones navales se encuentran tareas repetitivas, en cambio aquí las órdenes de trabajo requieren un sistema flexible y ágil que se adapte a las necesidades de cada proyecto.
4. Dadas todas estas circunstancias las políticas de fijación de precios son muy complicadas y deben ser efectuada en forma cuidadosa para no subestimar o sobreestimar fechas de entrega o necesidades de mano de obra o materiales o talleres.

En el cuadro 7.7 se presentan los tipos de trabajo de acuerdo con su rango de costos probables en una reparación típica para barcos cargueros, graneleros y pesqueros. Estas cifras son tomadas como promedios de astilleros españoles, composición que se considera representativa para el área del Caribe. En el caso de CONASTIL la composi-

CUADRO 7.7

Reparación tipo y su participación en el total de costos

(En porcentajes)

Tipo de barco	Rango costos		Valor promedio	Barco carguero	Barco granelero	Barco pesquero
Tareas						
1. Varada y servicios de estadía	5	10	8	9	10	5
2. Limpieza y pintura	8	15	12	12	9	14
3. Trabajos de acero	15	30	23	19	41	19
4. Trabajos de motores y Bombas	20	40	30	30	15	40
5. Tubería y válvulas	10	12	11	16	11	13
6. Sistema propulsor	2	10	5	4	9	4
7. Instalación Eléctrica	5	10	7	10	5	6
8. Otros			4			
	100		100	100	100	100

Fuente: Estudio IMITEC, Astilleros de Cartagena, 1978.

ción promedio del total de órdenes se asemeja a la presentada para los graneleros y cargueros en el sentido de clasificar los costos de trabajo en acero, varada y limpieza y motores en su orden como los más importantes. En CONASTIL no hay costos de dique ya que la varada se hace mediante el sincroelevador.

En CONASTIL las rutinas típicas de atención a un barco comprenden uso de sincroelevador y varada, limpieza, pintura, colocación de ánodos y limpieza de válvulas. Estas tareas de carenaje representan en forma muy aproximada el 40 % de la facturación y en su mayoría son tareas subcontratadas. Otro 40 % está representado en los trabajos en acero para reparaciones en el casco, estructuras y doble fondo, que sí son llevadas a cabo totalmente en CONASTIL. El resto de tareas de reparación cubre el 20 % restante.

Sin embargo, para entender mejor la operación de la planta es útil disponer no sólo de la estructura de costos (o precios) por tareas sino su descomposición en mano de obra, materias primas, costos indirectos y subcontratados. En el cuadro 7.8 se presenta dicha clasificación a partir de 1977, como también su comparación porcentual en relación a los costos de operación y administración (cuadro 7.9). El período de información presentado (1977-1981) es muy relevante ya que presenta tres situaciones diferentes de la planta: 1977-1978 corresponde a la vieja localización y uso del dique flotante y varadero; 1979-1980 a la operación en las dos plantas es decir, uso a la vez del dique varadero y del sincroelevador y finalmente 1981 en que se opera exclusivamente en la nueva planta en base al sincroelevador.

Tomando primero los porcentajes agregados del cuadro 7.8 se notan dos variaciones importantes, primero, sensible reducción de los costos de operación en los costos totales, proporción que se reduce del 24,9 % en 1978 a 11,3 % en 1981, indicando el

CUADRO 7.8

CONASTIL. Discrimiación de los costos de ventas y gastos de operación, 1977-1981

(En porcentajes)

Item	1977	1978	1979	1980	1981
Costo de Ventas					
a. Materias Primas	30,1	28,7	31,7	23,8	26,2
b. Mano de obra directa	8,2	9,3	11,0	12,5	9,7
c. Servicios contratados	30,6	22,6	20,5	22,0	18,1
d. Indirectos de producción	31,1	39,4	36,8	41,7	46,0
Total 1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	(99,8)	(102,2)	(150,5)	(186,6)	(354,0)
Costos de operación					
a. Dique Flotante	29,3	33,8	31,4	15,2	7,8
b. Varadero	15,6	20,0	17,1	22,6	21,7
c. Sincroelevador	—	—	6,9	13,1	16,4
d. Dragadas	55,1	46,2	44,6	49,1	54,1
Total 2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	(35,8)	(42,3)	(55,1)	(65,4)	(43,8)

Nota: Las cifras en paréntesis corresponden a los valores nominales en millones de $.
Fuente: Cálculos con base en balances de CONASTIL.

CUADRO 7.9

Distribución porcentual de los costos de ventas, operación y administración, 1977-1981

Item	1977	1978	1979	1980	1981
Costo de ventas 1	62,1	60,0	58,8	58,2	71,4
Costo de operación 2	22,3	24,9	21,5	20,4	11,3
Gasto de ventas 3	15,6	15,1	19,7	21,4	17,3
Total 1 +2 +3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	(160,7)	(170,2)	(255,8)	(320,2)	(495,2)

Nota: Las cifras en paréntesis corresponden a los valores nominales en millones de pesos.
Fuente: Cálculos con base en balances de CONASTIL.

apreciable ahorro en costos de operación que implica el uso del sincroelevador. Por otra parte, se nota el aumento en gastos de administración cuando se operaba en las dos localizaciones (15,1 % del total de costos en 1978, contra 21,4 % en 1980). Para 1981 esta proporción había bajado al 17,3 % de los costos totales, nivel parecido al que existía en la anterior localización.

En cuanto a los componentes de cada uno de estos grupos de costos, descomponiendo el costo de ventas se observa un sostenido aumento en los costos indirectos de producción, que pasan de un 31,1 % en 1977 al 46,0 en 1981; estos costos cubren pago de servicios de agua, gas y electricidad, insumos que han registrado aumentos de precios muy altos en el país en los últimos seis años. Este ítem también cubre el pago de la mano de obra indirecta en planta, prestaciones, fletes y a partir de 1981 se le imputó la depreciación de los equipos de la nueva planta.

La participación de la mano de obra directa también ha crecido especialmente en 1979-1980, años en que se operó en las dos localizaciones y que coincidieron con el fuerte aumento en empleo que se registró en 1978-1979. La reducción que se opera en 1981 se debe a una mejor utilización y asignación del plantel de obreros y el hecho de operar en una sola planta. Por último, los incrementos en costos indirectos y de mano de obra causan la caída relativa de la participación de materias primas y servicios contratados, estos dos aspectos se analizarán en las siguientes secciones.

Los costos de operación tienen dos componentes: servicios de dragados y operación del dique varadero o del sincroelevador según sea el caso. Los dragados se han mantenido en promedio como un 50 % de los costos de operación, proporción que debe aumentar a medida que los costos de mantenimiento y diferidos que aún se continúan asignando al viejo dique y varadero desaparezcan como es el caso para 1982. Los costos del sincroelevador son menos de la mitad de lo que representaban los de operar el dique y varadero. En términos reales los costos de operación también se han reducido, así se tiene que los costos de 1981 apenas representan un 70 % de los que se incurrieron en 1977, a pesar de que el volumen de operaciones ha aumentado en un 66 % en el mismo período.

Un indicador de la especialización de la empresa es la concentración en embarcaciones grandes, y en reparaciones mayores. En efecto en el cuadro 7.10, se observa cómo

CUADRO 7.10

Ordenes de reparación e ingresos totales

	1977	1978	1979	1980	1981
Número de órdenes	140	103	77	68	80
Ingresos totales (a)	390	335	392	427	577

(a) Millones de pesos de 1981.
Fuente: CONASTIL.

en 1977 se atendieron un total de 140 órdenes de trabajo y para 1981 esto se había reducido a 80 barcos. Sin embargo, durante el mismo período la facturación aumentó en términos reales en un 48 %. Esta reducción ha traído consigo una considerable disminución en el manejo administrativo de cada orden, como también mayor facilidad en la asignación y planeación de la mano de obra de la planta y servicios de apoyo a producción.

B. Servicios de apoyo a producción

En esta sección consideramos el desarrollo de aquellos aspectos que se consideran de apoyo a producción, en este caso el despacho de las órdenes de trabajo. En este informe examinaremos la estructura organizativa de la empresa, las tareas de subcontratación y otros servicios de apoyo a producción.

La organización interna de la empresa ha sufrido pocas variaciones a través de su historia, dada la estabilidad de sus cuatro directivos. En ésta se observa la importancia de la gerencia de producción en el manejo de la planta, ya que sus tareas cubren las áreas de reparaciones, maniobras, talleres, mantenimiento, planeación y control de producción e ingeniería. Esta concentración de actividades en la gerencia de producción se debe a la necesidad de coordinación entre las diversas áreas, factor determinante en la racionalización y eficiencia en el despacho de órdenes. Las gerencias comercial y administrativa sirven de apoyo a la gerencia de producción en la medida que cubren aquellos aspectos no directamente relacionados con producción.

Por otra parte, en cuanto a subcontratación, desde su fundación la Empresa ha subcontratado variar tareas en magnitud apreciable, así vemos cómo en 1980 aproximadamente el 22,0 % del costo total de ventas se refería a trabajos de reparación contratados externamente.

CONASTIL contrata dos tipos de trabajos, en un extremo tenemos los de altísima especialización como es el caso de reparaciones de radares, equipos electrónicos o de computadores; sin embargo, esta parte representa menos del 10 % del total de trabajos subcontratados.

En el otro extremo están las tareas de relativa baja especialización. De estos trabajos subcontratados el primero y más importante es la limpieza de cascos mediante chorros de arena "sand blasting" esto es una tarea bastante dura y difícil que se hace principal-

mente en la noche o los fines de semana, dada la gran contaminación que produce esta labor. Hay diferentes grados de limpieza, con arena de grado blanco en que la superficie del barco queda de color gris muy claro, que también bajo contrato, es pintada de acuerdo con diferentes especificaciones. Estas tareas son bastante duras y difíciles, inicialmente la Empresa lo hacía pero por la gran congestión de trabajadores y la subutilización del resto de trabajadores mientras se hacía esta tarea se decidió subcontratarla a partir de 1975. Otra tarea que se contrata es la limpieza de las rejillas y cajas de mar, una tarea muy difícil y dispendiosa en la cual se requieren limpiar los tanques de lastre e refrigeración que tiene el barco y los diferentes conductos de los mismos, es una tarea muy especializada en la cual la Empresa no tiene experiencia ni personal que se dedique a la misma. También se subcontratan las obras de carpintería y refacción superficial de barcos.

Como hemos mencionado los servicios subcontratados representan una proporción apreciable del total de costos de operación o de venta de la empresa, así en 1981 el total de costos de ventas era de 354 millones y los servicios contratados representaban 64 millones de pesos, cifra muy superior a los 34 millones de costo de mano de obra directa. Estos servicios contratados se justifican dada la especialización y diversidad de ocupaciones que requieren, y en algunos casos la necesidad de operar en días u horas en que la planta no está operando plenamente.

En promedio en los últimos cuatro años, los costos de servicios contratados han sido el doble que el pago de mano de obra directa (cuadro 7.11) notándose la estabilidad de esta proporción lo cual indicaría la relativa especialización o división del trabajo a que ha llegado la Empresa en sus operaciones propias y las realizadas por personal externo.

En relación a los ingresos totales de CONASTIL se observa cómo estos han aumentado más en términos reales que los servicios contratados, lo cual reflejaría las fluctuaciones que en el total de costos de ventas han registrado estos servicios.

CUADRO 7.11

CONASTIL. Participación en el costo de ventas y tasa de crecimiento de los servicios contratados, 1977-1981

(Millones de pesos de 1981)

Año	Valor servicios contratados	Tasa de crecimiento (%)	Participación en el costo de ventas (%)	Valor total ventas de CONASTIL	Tasa de crecimiento
1977	64,2	—	30,6	347,6	—
1978	38,7	— 40,0	22,6	298,0	— 14,3
1979	44,0	13,6	20,5	378,9	27,1
1980	51,2	16,3	22,0	422,3	11,4
1981	64,0	25,4	18,1	575,4	36,3

Fuente: Cuadros 7.1 y 7.4.

3.3. Análisis de productividad

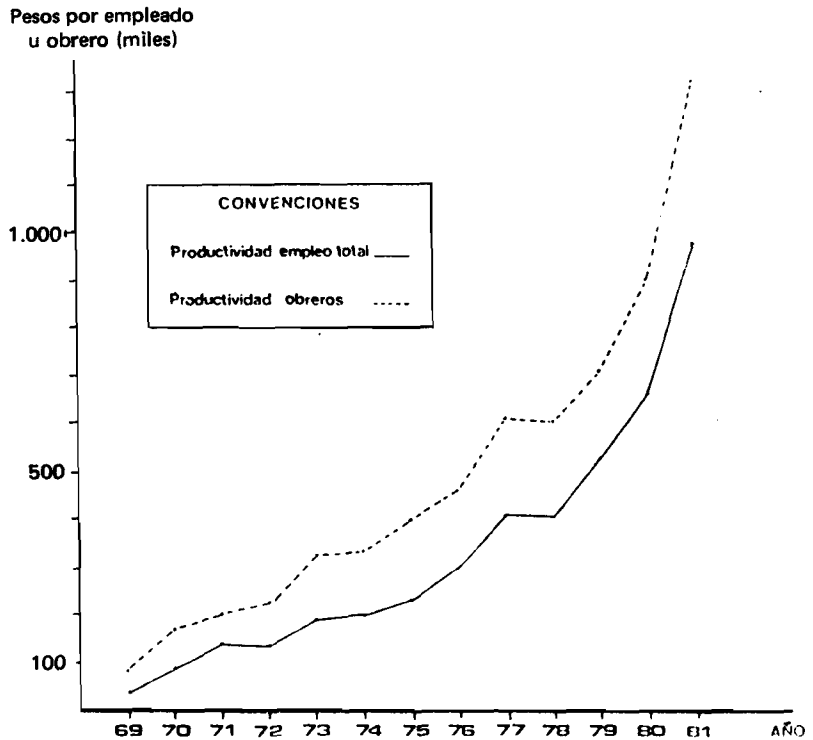
La actividad de CONASTIL se caracteriza por un alto empleo de mano de obra calificada que se asigna para diferentes tareas según el tipo de órdenes de trabajo que se realicen en cada momento.

En esta sección nos dedicaremos a mostrar diferentes indicadores que traten de investigar la evolución productiva de la Empresa.

El primero y más general de los indicadores es la productividad promedio total por empleado u obrero en planta. En el gráfico 7.2 y en los cuadros 7.12 y 7.13 se presentan estos valores. El resultado es muy positivo para el desempeño de la Empresa, las tasas de aumento de productividad son muy altas y ellas no solamente ocurren en los primeros años de producción, sino que se mantienen e incrementan a partir de la instalación de la nueva planta (1979-1980).

GRAFICO 7.2

Productividad de la mano de obra total y por obrero 1969-1981



Fuente: Cálculos en base a cifras de CONASTIL. Pesos constantes de 1981.

CUADRO 7.12

CONASTIL. Productividad de la mano de obra total por obrero, 1969-1981

Año	Ventas totales (a) (1)	Empleo total (b) (2)	Total obreros (3)	Productividad empleo total (c) (1/2)	Productividad obreros (1/3)
1969	11,6	238	142	48,7	82,3
1970	24,9	250	144	99,6	172,9
1971	37,5	256	144	146,4	260,4
1972	37,2	274	156	135,7	238,4
1973	56,9	292	171	195,7	332,7
1974	67,7	337	202	202,2	335,1
1975	92,7	388	236	238,9	392,7
1976	123,2	411	264	299,7	466,6
1977	180,3	437	293	412,5	615,3
1978	188,6	460	314	410,2	600,6
1979	284,7	537	369	530,1	715,5
1980	358,0	538	401	665,4	892,7
1981	577,8	589	437	980,7	1.322,1

(a) Millones de pesos constantes de 1981.
(b) No incluye aprendices SENA.
(c) Miles de pesos por empleado u obrero.
Fuente: CONASTIL y cálculos de los autores.

CUADRO 7.13

CONASTIL. Tasas de crecimiento de la productividad promedio por empleado y obrero, 1969-1981

Año	Productividad promedio por empleado Tasa de crecimiento (%)	Productividad promedio por obrero Tasa de crecimiento (%)
1969	–	–
1970	106,2	109,7
1971	46,1	51,1
1972	– 7,2	– 8,5
1973	44,4	39,4
1974	3,0	0,9
1975	18,4	17,0
1976	25,6	18,8
1977	37,7	31,9
1978	– 0,5	– 2,5
1979	29,2	19,1
1980	25,4	24,7
1981	47,3	48,2

Fuente: Cuadro 7.8.

Es muy difícil descomponer estos aumentos según sus causas, sin embargo, el continuo esfuerzo de capacitación externa y en la planta debe ser incluida dentro de las fuentes de crecimiento. Aumentos de tarifas podría ser una explicación, pero su efecto es marginal, ya que los aumentos de precios se hacen con base a los precios del mercado

internacional, el cual es muy competitivo y ha estado deprimido a partir de 1973. En cuanto a precios a barcos de bandera nacional, la política ha sido incentivar la ocupación del astillero mediante tarifas marginalmente menores que los internacionales es decir las cobradas a barcos de banderas extranjera.

Los nuevos equipos e instalaciones sí parecen tener una gran influencia en los aumentos de productividad de los dos últimos años, a pesar que en ese período se operó en dos localizaciones. Sin embargo, es de observar que hasta 1978 las inversiones y maquinaria y equipo fueron muy reducidas.

Tras estos primeros indicadores de tipo generales, veamos ahora otro basado en el número de órdenes atendidas. En el cuadro 7.10 se observa cómo la cantidad de órdenes atendidas ha disminuido, pero la facturación promedio por orden ha aumentado, habiéndose alcanzado importantes economías de escala al operar en órdenes mayores. Los ingresos promedio por orden se muestran en el cuadro 7.14.

CUADRO 7.14

CONASTIL. Ingresos promedio por orden, 1977-1981

Año	Ventas (Millones de pesos)	Nº ordenes	Ingresos por orden (a) (Millones de pesos)
1977	390	140	2,7
1978	335	103	3,2
1979	392	77	5,1
1980	427	68	6,2
1981	577	80	7,2

(a) Pesos constantes de 1981.
Fuente: Cálculos con base en cifras de CONASTIL.

Así se tiene que los ingresos por orden se han triplicado en los últimos cinco años, lo cual indica un esfuerzo de racionalización en busca de barcos grandes para reparar. Sin embargo, esta estrategia tiene sus límites en cuanto a tamaño del mercado y la situación de recesión actual en el sector.

Utilizando el consumo de acero por orden, por obrero en planta y por obrero de los talleres de soldadura y pailería se aprecia en forma más clara el efecto de transición entre las dos plantas, especialmente en los indicadores por taller, los cuales descienden significativamente en 1980, año crítico en cuanto a operación simultánea e inconvenientes de la relocalización. Sin embargo, en 1981, ya completamente en los nuevos talleres, la recuperación de la productividad es inmediata y se coloca en niveles superiores a los alcanzados cuando se operaba únicamente en la anterior localización.

En otras áreas de la planta, como son talleres de mecánica, motores y servicios es más difícil medir la productividad sin embargo estos talleres más otros servicios de apoyo en la organización técnico-administrativa han contribuido considerablemente al aumento de la productividad global (cuadro 7.12 y 7.13) dado su mayor y más eficiente utilización a medida que la empresa termina su etapa de montaje, puesta en marcha, uso mayor de la capacidad instalada y estabilización, tanto a nivel local como internacional.

CUADRO 7.15

CONASTIL. Consumo de acero por orden de trabajo, obreros y talleres, 1977-1981

Año	Consumo de acero naval ASTN-131 toneladas	Nº total de órdenes	Nº total de obreros	Obreros pallería	Obreros soldad.	Consumo por orden	Consumo por obrero	Consumo por obrero en pallería	Consumo por obrero en soldadura
1977	698,8	140	293	–	–	4,98	2,38	–	–
1978	674,3	103	314	87	106	6,54	2,14	7,7	6,4
1979	828,7	77	369	96	150	10,7	2,24	8,6	5,5
1980 (a)	730,4	68	401	124	147	10,7	1,82	5,9	5,0
1981 (b)	1.099,1	80	437	137	166	13,7	2,51	8,1	6,6

(a) En este año se desactivó el dique flotante.
(b) En mayo de 1981 se inició la operación en cuatro posiciones de varada.
Fuente: Calculos con base a cifras de CONASTIL.

Cerramos aquí esta discusión sobre productividad global. La sección siguiente, última de este trabajo, resume brevemente los resultados alcanzados.

4. Observaciones y conclusiones finales

En esta última sección se resumen los principales resultados encontrados durante el estudio de CONASTIL.

a) Orígenes de la Empresa

CONASTIL fue fundada en 1969, con base en las instalaciones de la Armada Nacional y el propósito de explotación comercial del astillero por parte del IFI.

La planta inició actividades con un dique flotante que la Armada Nacional recibió de la Armada Norteamericana; posteriormente con la ampliación iniciada en 1975 se adoptó la tecnología del sincroelevador de la Pearlson Engineering que no sólo vendió los equipos sino que también prestó asistencia técnica para su montaje y puesta en marcha a partir de 1979.

b) Tecnología empleada

Un astillero fundamentalmente es una actividad intensiva en mano de obra calificada. La planta está organizada con base a diferentes actividades o tareas que se desarrollan alrededor de una "orden" particular.

CONASTIL inició actividades con la tecnología tradicional del dique flotante o sea atendiendo un solo buque a la vez por períodos corto de tiempo.

En el dique se encontraban los talleres principales de soldadura, pailería, mecánica, etc.

En 1978-79 se trasladó la Empresa a una nueva localización y adoptó el sistema de un sincrorelevador para atender varios barcos al tiempo. La selección de tecnología y escala de los equipos se sustentó en un estudio de mercados del INI de España y uno técnico de la empresa NKK del Japón. La distribución de planta del nuevo astillero fue diseñada por técnicos de CONASTIL, asesorados por consultores españoles. En el montaje de los equipos la participación de técnicos colombianos fue alta, especialmente en nuevos procedimientos de cimentación y estructuras del sincroelevador.

Los nuevos talleres albergan nuevos equipos que permiten a la planta atender hasta ocho barcos simultáneamente.

c) Desarrollo tecnológico de la planta

En CONASTIL a más de la adaptación a la nueva tecnología, los mayores logros se han alcanzado en la racionalización del manejo de órdenes y asignación de los recursos totales de la planta a cada una de esas órdenes. En esto la sistematización y uso de algoritmos de control ha jugado un papel importante.

En cuanto a capacitación de personal técnico y de obreros se observa un esfuerzo significativo y continuado al respecto.

Desde su fundación el personal técnico de la empresa ha viajado a diferentes astilleros del mundo. A partir de 1975, se firmó un contrato de asistencia técnica con el PNUD que consiste en enviar a técnicos colombianos a cursos de entrenamiento en el exterior. A su vez expertos extranjeros vienen continuamente con el fin de prestar asesoría y capacitar al personal en planta. El entrenamiento del personal en planta obedece a una clara secuencia de aprendizaje mediante cursos y prácticas que permiten a un obrero aprendiz del SENA entrar al primer nivel de capacitación y progresivamente pasar a niveles superiores de capacitación y responsabilidad en la planta. La escuela de entrenamiento, y la promoción de obreros según la educación técnica que vayan recibiendo es una parte importante de la estructura organizativa de la Empresa. Este énfasis en la capacitación se debe a la alta calificación y especialización que requieren las diferentes tareas del astillero.

d) Integración vertical

CONASTIL en la prestación de los servicios de reparación y mantenimiento subcontratan dos tipos de servicios, por un lado aquellos que requieran de personal poco capacitado (pintura y limpieza) y por otro lado servicios altamente especializados, relacionados con las instalaciones eléctricas, de radar, computador, etc.

e) Localización

En el caso de CONASTIL su posición geográfica le ha permitido captar una parte

importante del mercado del área del Caribe, siendo entonces la localización un factor determinante del éxito de la empresa. A su vez, la adopción de nueva tecnología le ha permitido ampliar su escala de operaciones, atendiendo varias embarcaciones simultáneamente. De otro lado la calidad del servicio garantizada por las categorías establecidas por las compañías internacionales de clasificación lo han llevado a alcanzar una posición competitiva en el mercado internacional, lo cual se fundamenta en el masivo esfuerzo en la captación y entrenamiento de la mano de obra de técnicos y obreros. En cuanto al mercado nacional tiene monopolio en el rango de 500 a 10.000 toneladas de peso muerto.

f) Papel del Estado

El grado de intervención del Estado se ha dado a través de medidas de política tendientes a promover el desarrollo de nuevas empresas en el sector metalmecánico, y como inversionista directo en algunos proyectos. CONASTIL ha alcanzado competitividad a nivel internacional convirtiéndose en un importante exportador.

g) Productividad de la mano de obra

Finalmente, en cuanto a comportamiento de la productividad de la mano de obra la trayectoria de la Empresa es muy significativa, ya que la productividad global promedio por empleado u obrero ha aumentado en forma considerable y continuada a través de los 13 años de operación del astillero.

Los aumentos en productividad por talleres son menores que a nivel de toda la operación de la planta, lo cual indicaría mejoras en la utilización y organización de los servicios de apoyo a producción y organización técnico administrativa de la Empresa a medida que se supera la primera etapa de consolidación de la empresa en el mercado interno y externo.

Como causas directas de los aumentos globales de productividad por obrero se debe también mencionar el continuo sistema de capacitación y entrenamiento de la mano de obra.

En los últimos años, las altas inversiones en construcción y equipamiento de la nueva planta también han contribuido al crecimiento de la productividad de la mano de obra.

Finalmente, otro aspecto de la trayectoria productiva de la Empresa lo representa la disminución del número total de órdenes de trabajo por año, acompañado del continuo crecimiento en el tamaño medio de cada orden. Estò indicaría una especialización en órdenes de trabajo grandes, con la consiguiente racionalización en la asignación y utilización de los recursos de la planta. Sin embargo, esta tendencia tiene sus límites, variable sobre la cual la empresa ejerce un limitado control.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA INTERNA EN EL SECTOR METALMECANICO LATINOAMERICANO

Reflexiones a partir de un conjunto de estudios de casos

1. Introducción

Los siete estudios de casos presentados en nuestro capítulo anterior nos ponen frente a un material analítico e histórico descriptivo útil para intentar una primera reflexión teórica.

Las diferencias de comportamiento tecnológico entre firmas familiares y subsidiarias locales de grupos multinacionales, entre plantas fabriles organizadas en "línea" y establecimientos cuyo "lay out" fabril está planteado como una sucesión de "talleres", entre firmas que trabajan en grandes lotes y aquellas otras que fabrican sobre pedido, etc. constituyen todos pequeños fragmentos de un gran mapa teórico que aún resta por ser construido si hemos finalmente de arribar a una teoría de la firma que tenga verdadero poder cognitivo y que nos ayude a diseñar e implementar instrumentos de política pública desde una perspectiva realista.

El presente intento de teorización debe ser tomado como un esfuerzo preliminar. Se trata más de codificar y clasificar situaciones diferenciadas, de identificar conductas semejantes en el marco de historias empresarias idiosincráticas y disímiles, para luego hacer posible una construcción más ambiciosa, que de arribar a estructuras formales del tipo de la teoría convencional de la firma. Como tal lo nuestro debe ser visto como un esfuerzo preteórico destinado a focalizar mejor acerca de qué es que debemos teorizar dada la realidad empresaria y socioeconómica que pretendemos comprender.

Habiendo intuitivamente comprendido que median grandes diferencias de conducta técnico-económica entre "tipos" de empresas –familiares vis a vis subsidiarias de grupos transnacionales– y entre formas de organización del proceso productivo –plantas organizadas en "línea" y establecimientos planteados como una sucesión de "talleres"– y que en ambos casos dichas diferencias condicionan la existencia de un sendero idiosincrático y propio de maduración de la capacidad tecnológica interna de la firma, iniciaremos el presente esfuerzo clasificatorio explorando más detenidamente ambos temas e identificando rasgos de conducta diferenciados en uno y otro "tipo" empresario y en una y otra forma de organización del proceso productivo.

2. Hacia una tipología empresaria. Breve discusión de los rasgos diferenciales de conducta entre distintos "tipos" de empresas

El material hasta aquí presentado describe una empresa "tipo" poco asimilable a la imagen convencional de libro de texto que de ésta se tiene. En la tradición neoclásica: ..."La firma es el principal actor productivo. Este transforma inputs en outputs de acuerdo a una cierta función de producción. La función de producción, que define el máximo producto alcanzable con una cierta cantidad de insumos, está determinada por el estado del conocimiento técnico. Este último es público, o algo por el estilo debe suponerse en modelos que describen la función de producción de una industria. Las empresas eligen un punto en sus funciones de producción tal que la tasa de ganancia sea máxima, dadas la demanda por el producto y las condiciones de oferta de factores. Por lo general dichos mercados se suponen perfectamente competitivos, de forma tal que la empresa trata los precios como parámetros... A través del tiempo el producto crece a medida que crecen los insumos y la firma se mueve a lo largo de sucesivas funciones de producción cuando la tecnología progresa... Obviamente hay supuestos fuertes detrás de todo esto. La imagen de la firma es sumamente estilizada y deja poco lugar para la incapacidad empresaria... para el enfrentamiento oligopólico. El progreso tecnológico aun cuando resulta admitido como un factor primordial del crecimiento, es tratado de manera muy simple ignorándose por completo la proposición Schumpeteriana de que el progreso tecnológico y el equilibrio competitivo no pueden coexistir"[179].

A diferencia de un mundo microeconómico tan estilizado como el neoclásico, la evidencia empírica presentada sugiere que la empresa metalmecánica familiar, originada en el ingenio mecánico de un individuo, y producto de una etapa de tal grado de desequilibrio económico como es la que marcan las décadas de los años 40 y 50 con sus mercados de capital y su oferta de equipos prácticamente desquiciados, difícilmente pueda examinarse a partir de un paradigma de equilibrio y cálculo marginal como es el paradigma neoclásico.

Resulta en cambio más razonable suponer que la subsidiaria doméstica de un dado grupo multinacional establecida en América Latina en los años 60 (o fin de los 50) y armada sobre la base de un "paquete" de información tecnológica de su casa matriz, involucra un plan de medio y largo plazo más balanceado y cercado al cálculo económico emplícito en la teoría recibida.

Mientras que en el mundo neoclásico, y tal como nos lo recuerda R. Nelson en el trabajo previamente citado... hay pocas preguntas interesantes que pueden ser exploradas o resueltas estudiando la conducta de firmas individuales "...en un mundo como el que describen nuestros estudios de casos los temas que requieren ser estudiados examinando la conducta diferencial entre empresas de distinto "tipo", nacionalidad, organización industrial, etc. son muchos y complejos. Por ejemplo: a) ¿Cómo se produce la selección original del producto a ser fabricado, del equipamiento inicial de planta, del "lay-out" fabril de que arranca el establecimiento, de la organización del proceso de producción, del nivel de integración vertical con que se ha de operar, etc. en una firma familiar pequeña, que prácticamente recién se inicia en el mundo de la metalmecánica,

[179] R. Nelson, "Research on Productivity Growth and Productivity Differences, Dead Ends and new Departures", en *Journal of Economic Literature*", Nashville, Tennessee, setiembre 1981, p. 1031.

vis a vis idéntica elección en el caso de una subsidiaria doméstica de un grupo transnacional que se radica en un medio social dado siguiendo los pasos de su casa matriz externa? b) ¿Qué fuerzas subyacen y determinan las expansiones de planta, los cambios en el "mix" producido, en el nivel de integración vertical, etc. en uno y otro caso? c) ¿Qué magnitud tienen los fenómenos de desequilibrio asociados a la expansión fabril u otros hechos semejantes, y qué características adoptan los esfuerzos de "digestión" de dichos desequilibrios en distintos "tipos" de empresas? d) ¿Qué consecuencias tiene el hecho de que haya empresarios mejor informados que otros, con mejor acceso a los mercados de factores (capital, mano de obra calificada, etc.) que sus competidores, con mejores elencos técnicos y de ingeniería, con estrategias tecnológicas diferentes —"ofensivas", firmas que sistemáticamente se adelantan e innovan, frente a otras, "defensivas", que sistemáticamente se rezagan e imitan?, etc.— constituyen todos temas en los que debemos construir un aparato analítico que vaya más lejos que el de la ortodoxia neoclásica que se limita a hablar de "la" firma, como si ésta fuera categoría compacta formada por agentes homogéneos.

De manera "estilizada" comenzaremos caracterizando cuatro "tipos" de empresas en función de los orígenes de su capital, su organización jurídica y su idiosincracia operativa. Ellos son:

2.1. La empresa familiar basada en el ingenio mecánico de un individuo (o grupo de individuos)

Este tipo de firma se caracteriza por lo estrecho de su círculo de referencia, y por la prevalencia de una cantidad de criterios extraeconómicos en su funcionamiento cotidiano, al menos durante sus primeras décadas de vida, en que tiende a ejercer un férreo control el dueño-empresario que la fundara.

Son firmas que muestran una alta propensión al autoabastecimiento de subconjuntos, partes y equipos productivos, especialmente en los primeros momentos de su historia. Asimismo resalta la enorme preponderancia de la habilidad mecánica y de diseño (copia), por sobre la capacidad de organización de la actividad productiva. Esto tiene que ver con la formación y personalidad de sus creadores originales. Prácticamente en todos los casos se observan criterios extraeconómicos en la contracción de personal técnico y en la selección de máquinas con las que llevar adelante los programas de expansión fabril, sobre todo los primeros momentos de la historia evolutiva de la planta. Predomina aquí la lealtad a la nacionalidad de origen del dueño, el "kinship", u otros rasgos semejantes, donde el cálculo económico sólo es un muy tenue factor a ser tenido en cuenta[180].

Siendo en muchos casos familias de inmigrantes, cabe observar su relativa marginación inicial del medio productivo y burocrático local y la consiguiente dificultad de acceso al mercado de capitales y a estamentos del Estado. Esto sin duda refuerza la tendencia natural al autofinanciamiento que se puede observar en estos casos.

[180] Un caso similar ha sido descripto en la literatura de años recientes en relación a los lazos extraeconómicos que subyacen bajo el movimiento de capitales, tecnología, etc., entre Hong Kong, Taiwán y China continental.

La inmigración italiana, española y alemana figura preponderantemente en los orígenes del sector de empresas metalmecánicas familiares que actúa contemporáneamente en América Latina. Resulta frecuente encontrar que, previo abandono del viejo continente, muchos de estos inmigrantes han pasado por alguna firma europea grande logrando entrenamiento y calificación en procesos unitarios como la forja, la matricería, la soldadura, etc.

Es justamente dicha calificación técnica inicial la que brindó la base sobre la que montar el grupo empresario original en medio latinoamericano.

Una visión algo más refinada de este "tipo" de empresas debería llevarnos a reconocer la existencia de "momentos" o "etapas" al interior de esta categoría. Puede ser útil —sobre todo contemporáneamente y pensando de aquí hacia el futuro— diferenciar entre empresas de origen familiar que ya han sufrido un proceso de "apertura" y cambio generacional en sus cuadros directivos, de aquellas otras aún rígidamente sujetas al esquema familiar y jerárquico original. Mientras que las primeras se caracterizan por una mayor "profesionalización" —derivada de la incorporación de "la generación de los ingenieros, abogados y licenciados en administración de empresas"[181] a sus cuadros directivos— las últimas probablemente mantienen aún algo del "animal spirit" Schumpeteriano que caracterizó a la generación de los mayores. En uno y otro caso debemos esperar distintas respuestas frente a la toma de riesgos, frente a la evaluación relativa de lo técnico y mecánico vis a vis lo comercial y financiero, frente a la producción para el mercado doméstico vis a vis la exportación, etc.

Es importante observar que el transcurso del tiempo —con la consiguiente desaparición gradual de la generación de nuestros mayores— y la enorme preponderancia de lo financiero sobre lo tecnológico que caracteriza a los últimos años del proceso económico latinoamericano, están llevando a una lenta pero clara pérdida de importancia de los "skills" mecánicos y electromecánicos sobre los que se basara la capacidad empresaria inicial de muchas de estas firmas de origen familiar. Así, una de sus claras fuentes de ventajas comparativas —abundancia relativa de "skills" mecánicos por parte del grupo fundador— ha ido perdiendo valor competitivo frente a otros rasgos empresarios.

El material recogido pone en evidencia otro tema de interés también relacionado con el grupo de "empresas familiares". Esta vez se trata no ya de un corte de "edad" o generación de los cuadros directivos, sino de diferencias de comportamiento relacionadas con el país en que operan dichas firmas familiares. En tal sentido es importante destacar que —seguramente en respuesta al mayor tamaño absoluto del mercado doméstico y al más estable y favorable marco de política económica global en que han podido operar hasta fecha reciente— las firmas de tipo familiar radicadas en Brasil revelan una mayor propensión que sus semejantes de Argentina o México a: i) Moverse hacia escalas internacionales de planta, ii) Gastar en actividades de IyD, y iii) Buscar el acceso a mercados internacionales.

Volveremos sobre estos temas algo más adelante al referirnos a morfología y funcionamiento del mercado metalmecánico general.

Un segundo "tipo" empresario que conviene separar del anterior es el de la subsidiaria local de un dado grupo transnacional.

[181] N. Nogueira da Cruz, Evoluçao Tecnológica no Setor de Máquinas de processar Cereais. Un Estudo de Caso, *Monografía de Trabajo Nº 39,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, julio 1981.

2.2. La subsidiaria local de una firma multinacional

Una significativa fracción de la industria metalmecánica latinoamericana está formada por subsidiarias domésticas de empresas transnacionales. A diferencia de las firmas nacionales –familiares o no– y, aún cuando resultan evidentes los esfuerzos de mimetización con el medio local[182] este tipo de empresas configura una categoría distinta de las otras firmas actuantes en el mercado, exhibiendo patrones de conducta propios en lo tecnológico, en lo organizacional, en lo financiero, etc.

Están por de pronto, las diferencias iniciales –esto es las relativas al diseño, selección, montaje, etc. de la planta fabril– derivadas de su funcionamiento en base a planos de ingeniería y a ideas organizativas y comerciales provenientes de su casa matriz, la que normalmente actúa con imperfecta información acerca de una escala de planta y de una organización del trabajo tan disímil de la que utiliza en su país de origen, donde la escala operativa puede fácilmente ser diez o veinte veces mayor, el grado de integración vertical mucho menor, el nivel de automatización del proceso productivo muy alto, etc.

No pocas veces estas plantas buscan reproducir localmente un diseño de planta empleado por la casa matriz en otro escenario dos o tres décadas antes. También es frecuente observar que, en función de lo anterior, se emplean para el montaje local de estos establecimientos equipos usados, a veces largamente amortizados y tecnológicamente obsoletos en los países centrales, pero capaces aún de generar rentas en mercados periféricos, así como también modelos de organización del trabajo ya superados por la casa matriz pero claramente superior a la prevalente en el medio local, rasgo que también resulta notorio con relación a la ingeniería de producción. Ello impone pautas de cumplimiento de plazos de entrega, niveles de tolerancia técnica, etc. poco acostumbrados en el país anfitrión razón por la que se desencadena allí una compleja interacción entre la empresa y sus exigencias, y el medio doméstico, formado por obreros de planta, proveedores, usuarios, agentes de mantenimiento y service, etc. acostumbrados a pautas más laxas. Ambos lados de la ecuación resultan modificados en dicho proceso de interacción. La firma tiende a mimetizarse con el medio local mientras que este último gradualmente desarrolla, por vía del aprendizaje, nuevas pautas organizativas y de ingeniería que se van difundiendo a través del espectro social.

Amén de las diferencias iniciales con respecto al caso familiar previamente examinado, cuenta también el hecho de que a través de los años las firmas subsidiarias de empresas multinacionales continúan teniendo acceso al "pool" de recursos e información tecnológica de la casa matriz, pero, en general, gozan de menor libertad de decisión y elasticidad de movimiento que las firmas locales. Por lo general esto implica que estas firmas no requieren desarrollar localmente capacidad tecnológica de diseño de productos, en tanto gozan de un stock casi ilimitado de los mismos en su país de origen. Necesitan en cambio de un buen departamento de ingeniería de procesos y de organización y mé-

[182] Dichos esfuerzos de mimetización han sido identificados ya previamente por otros investigadores, no sólo en el medio latinoamericano sino también en contextos más distantes, como por ejemplo el sudeste asiático. Véase B. I. Cohen, *Multinational Firms and Asian Exports,* Yale University Press, 1975. En su estudio sobre el caso brasilero dice Helio Nogueira da Cruz: "El hecho es que las condiciones de producción y de mercado forzaron a estas firmas (las extranjeras) a adaptarse a los padrones locales". Véase, Observaçoes sobre a Mudança Tecnológica no Setor de Máquinas Ferramentas do Brasil, *Monografía de Trabajo Nº 47,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, mayo 1982, p. 35.

todos de trabajo, en tanto y en cuanto la planta fabril local se diferencia muy significativamente de la planta fabril que usa su casa matriz, cosa que también ocurre con su grado de integración vertical, su manejo de proveedores, etc.

El grado de agilidad relativa de estas firmas es en algunos casos menor que el que exhiben las empresas medianas de capital nacional, donde las decisiones de inversión o los lanzamientos de nuevos productos no deben recibir la aprobación y el escrutinio de múltiples y diferenciados departamentos técnicos y administrativos. Por esta razón en algunos mercados regionales en los que a través de los años ha ocurrido el afianzamiento de grupos empresarios locales dicha falta de flexibilidad en las decisiones, característica de la firma extranjera, puede constituir un "handicap" importante en contra del grupo extranjero[183].

2.3. La empresa grande de capital nacional

Un tercer "tipo" empresario que reclama ser examinado en detalle es el de la empresa grande de capital nacional, organizada en forma corporativa y de significativo peso relativo en aquellos mercados en los que actúa. Hemos observado que este tipo de firma posee rasgos típicos de las dos categorías previamente descriptas. A raíz de su gran escala operativa, y por ser muchas veces parte de un conjunto empresario mayor, se trata de un tipo de firma con amplio acceso a los canales informativos internacionales, perfectamente conocedora de los principales proveedores mundiales de equipos y materias primas y con posibilidad de contar con una adecuada infraestructura de personal calificado en todo el espectro de actividades técnicas que hacen al manejo y control de la tecnología que emplean. En este sentido tienen algo de la subsidiaria doméstica de firmas transnacionales, en la medida en que deben ser vistas como agentes potencialmente capaces de controlar y manipular el medio tecnológico, financiero, comercial, etc. en que operan.

La asimilación con dicho subgrupo no es, sin embargo, completa y perfecta, en la medida en que muchas de estas empresas conservan, aún al presente, rasgos de su iniciación como empresa familiar, cuasi-artesanal. Esto último resalta en el hecho de que las líneas jerárquicas y de conducción no necesariamente están delineadas con total claridad, así como también en la subsistencia de criterios de racionalidad no enteramente independizados del cariz extraeconómico de muchas de la decisiones primigenias. En materia de organización y métodos esto se traduce en un organigrama menos claro y en una menor especialización de funciones.

2.4. La empresa pública

Una cuarta y última categoría de empresa metalmecánica que nos interesa identi-

[183] Un ejemplo interesante de este tipo puede hallarse en el medio farmacéutico argentino, brasilero o mexicano donde la agilidad imitativa de los fabricantes medianos nacionales —por lo general firmas de carácter familiar— logra muchas veces desplazar del mercado a sus más poderosos rivales transnacionales. Acerca de este tema el lector puede ver: J. Katz, *Oligopolio, firmas nacionales y empresas multinacionales. La industria farmacéutica argentina,* Siglo XXI, Buenos Aires, 1974 y J. Frenkel, "Tecnologia e Competiçao na indústria farmacéutica brasileira, FINEP, *mimeo,* Rio de Janeiro, 1978.

ficar es la de la firma estatal. Aunque no son muchos los casos de producción metalmecánica a cargo de empresas públicas es obvio que las mismas existen tanto en la provisión de insumos básicos –ejemplo, en fundición y forja[184]– como también en la fabricación de bienes finales, ya sean estos automotores, productos electromecánicos, u otros semejantes. Tal como lo sugieren algunos de los estudios efectuados no es aventurado suponer que en aquellos casos en que el Estado actúa como productor, la naturaleza pública de la propiedad bien puede haber afectado tanto la selección original de tecnología como el diseño y "lay-out" de planta, el momento y naturaleza de las nuevas inversiones a ser encaradas, la magnitud y duración de las situaciones de desequilibrio a que dichas inversiones han dado lugar, la forma de encarar los procesos de "digestión" del desequilibrio, etc.

Al igual que los otros grupos previamente mencionados –firmas familiares, empresas grandes de capital nacional y subsidiarias locales de empresas multinacionales– la empresa pública configura una tipología empresaria con objetivos y restricciones propios y escasamente asimilables a los de los restantes "tipos" ideales.

En muchos casos de producción estatal las reglas del mercado no actúan, o lo hacen de manera sumamente imperfecta, y la responsabilidad de los funcionarios es más que relativa como hemos tenido oportunidad de observar en nuestros estudios.

Ahora bien, examinando el campo de la producción metalmecánica latinoamericana observamos que ciertas ramas de industria –verbigracia la producción de maquinaria agrícola o de máquinas herramienta– se hallan típicamente formadas por empresas de tipo familiar, prevaleciendo muchas de las características previamente atribuidas a este "tipo" ideal de empresario. Otras ramas –por ejemplo la industria automotriz o la producción de tractores– albergan casi exclusivamente a subsidiarias de empresas extranjeras[185]. Un tercer tipo de ramas –la fabricación de autopartes, por ejemplo –reune a empresas de uno y otro tipo; y finalmente, en la producción de insumos básicos –hierro, acero, etc.– predomina claramente la firma de propiedad estatal. Dada semejante heterogeneidad en lo que a "tipos" de firmas se refiere, nos resulta difícil aceptar que un único modelo de conducta empresaria describe adecuadamente el campo que estamos explorando. Asimismo, pensamos que más que eliminar a priori las diferencias interempresarias en base a supuestos más o menos restrictivos –por ejemplo, idéntico acceso a la información, la presencia de un mercado perfecto de capitales, etc.– en este caso resulta más razonable construir modelos alternativos de comportamiento que incorporen explícitamente dichas diferencias, ya que probablemente el funcionamiento real del mercado estará íntimamente asociado a las mismas.

Los estudios de casos del capítulo anterior describen a todas y cada una de las "tipologías" empresarias hasta aquí caracterizadas. En tanto Rota-Agro (Venezuela, maquinaria agrícola) muestra comportamientos "típicos" de la firma de carácter familiar,

[184] Véase, por ejemplo, D. Sandoval, Análisis del desarrollo industrial de Forjas de Colombia. 1961-1981, *Monografía de Trabajo Nº 50,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, junio de 1982.

[185] En fecha reciente ha hecho ingreso al mercado argentino de tractores la firma familiar Zanello, de propiedad nacional. Tras un período en que las grandes plantas transnacionales abandonaron este mercado, el ágil ritmo tecnológico de Zanello le ha permitido ganar posiciones rápidamente, tanto en el mercado doméstico como en la exportación de productos finales y de tecnología. Pese a su espectacular actuación la firma continúa con una organización del trabajo altamente informal e idiosincrática.

Romi (Brasil, máquinas-herramienta) la firma mexicana DKM S.A. (prensas y otros equipos de deformación y Turri S.A. (Argentina, máquinas-herramienta), arrancan con rasgos típicos de la firma familiar, pero alcanzan al cabo de un par de décadas de funcionamiento mayor porte y amplitud operativa. En el caso de las firmas de Brasil y México, se trata de empresas que pertenecen a un conglomerado mayor, con intereses diversificados en distintas plantas fabriles y con una proyección internacional de importancia.

Por otro lado, Perkins Argentina nos trae a primer plano rasgos de comportamiento característicos de su naturaleza transnacional. En la medida en que existe una casa matriz que actúa como proveedor de la ingeniería de producto, así como de auxiliar financiero, esta firma expone con claridad algunos de los rasgos centrales de este "tipo" empresario, esto es, la subsidiaria local de un grupo extranjero.

Obviamente las categorías presentadas no deben ser tomadas como construcciones rígidas totalmente diferenciadas unas de otras. El lector no estará equipocado si cree advertir superposiciones y rasgos propios de un "tipo" ideal en otra de las categorías identificadas. Aún así la diferenciación nos sigue pareciendo importante en la medida en que, con frecuencia, rasgos diferenciales de conducta deben ser explicados apelando al "tipo" de firma involucrada, a los objetivos y restricciones diferenciales que caracterizan a cada uno de estos "tipos" ideales aquí descriptos.

Obviamente el "tipo" de firma involucrada no es la única variable que explica las diferencias observadas de comportamiento económico y tecnológico entre empresas. Pasamos ahora a examinar la organización del proceso productivo como otro de los rasgos morfológicos que explican muchas de las diferencias de conducta entre firmas.

3. La organización del proceso productivo: producción en "línea" vs. organización en "taller"

Tal como indicáramos en nuestro primer capítulo conviene distinguir en el campo metalmecánico, entre dos formas polares de organización del proceso productivo. Por un lado están las plantas de producción continua, organizadas en "línea", que producen un "out-put" masivo de item estandarizados. Por otro nos encontramos con establecimientos de carácter discontinuo, esto es, organizados como una sucesión de "talleres". Estos producen lotes chicos u órdenes individuales de productos semi-estandarizados o lisa y llanamente "hechos a medida". En el marco de los estudios de casos que sirven de base al presente trabajo son varias las plantas de producción en "línea" que hemos tenido oportunidad de examinar; entre ellas, la de Perkins (motores) y Metalúrgica Tandil (fundición) en Argentina; Metal Leve (pistones) y Romi (tornos paralelos) en Brasil, Sofasa (automóviles) en Colombia. También han sido varios los casos de producción discontinua, organizados como una sucesión de "talleres" examinados en el marco de esta investigación. Entre ellos: Rotagro (maquinaria agrícola) en Venezuela, Distral (maquinaria agrícola) en Colombia, Conastil (astilleros) en Colombia, Gherardi (máquinaria agrícola) en Argentina, Rocco (máquinas herramienta) en Brasil, Nardini (máquinas herramienta) en Brasil, etc.

3.1. La producción en "línea"

La producción continua de series largas, organizada en "línea", constituye un "modo de producción" con historia relativamente corta en América Latina. Es el caso de las ramas automotrices, por ejemplo, que se radicaron en los años 1950 y 1960 en Argentina y Brasil y recién en 1970 en Colombia y México. A raíz de su corta historia el aprendizaje tecnológico acumulado en materia de manejo de este tipo de organización de la producción es aún baja y enfrenta dificultades de índole diversa. Observamos, por ejemplo, que a raíz de un "mix" excesivamente diversificado, una "línea" de producción continua diseñada para producir un flujo de item altamente estandarizados, resulta a menudo mal empleada al elaborar series cortas de muchos productos diferentes, perdiéndose importantes economías de escala al crecer el número de paradas, las preparaciones de máquinas y los "tiempos muertos" originados en todo cambio en el plan de trabajo. El caso de Perkins (Argentina) aparece como un ejemplo representativo de este tipo de situación. Observamos que la firma gana fuertemente en productividad laboral en la segunda década de los años '70 cuando decide montar una "línea" adicional y especializar el "mix" de producción elaborado en cada "línea" en particular[186].

Observamos también como la normalización y estandarización aumentan la productividad global de la planta al incrementar el tamaño de los lotes y reducir concomitantemente los tiempos muertos. Este tema no es privativo de la producción en "línea" o en grandes lotes. También en el marco de las series cortas y de la organización productiva discontinua, se puede reducir "tiempos muertos" y ganar economías de escala a través de la estandarización de subconjuntos y partes.

El caso de Turri, examinado en el capítulo anterior muestra una situación de este tipo en el marco de una organización discontinua del proceso productivo.

Puede decirse que son pocos los campos de producción continua y de grandes lotes en los que el "lay-out" de fábrica fue originalmente diseñado para producir en forma continua un "mix" poco diversificado, o un producto único y particular, de tal forma que se pudieran aprovechar **de entrada**, y plenamente, las economías de escala propias de esta forma de organización de la producción. Sin embargo, con el correr de los años, y con el aumento de la presión competitiva, la especialización por "líneas" ha ido ganando mayor significación.

El reducido mercado interno y la baja propensión a exportar, rasgos ambos que subyacen bajo la gran parte de los planes de producción de la empresa metalmecánica "típica", seguramente han hecho que el "mix" de producción fuera significativamente más amplio que el técnicamente aconsejado para aprovechar adecuadamente las economías de escala inherentes a la producción continua.

Puede decirse que una parte importante del esfuerzo tecnológico doméstico de este tipo de fábricas está signado por la temática de cómo extraer mayores economías a los respectivos establecimientos fabriles. En algunos casos ello ha llevado a la realización de esfuerzos de ingeniería de diseño de producto con el propósito de estandarizar partes y subconjuntos, mientras que en otros se ha recurrido a esfuerzos de planeación y organi-

[186] Julio Berlinski, "Productividad, escala y aprendizaje en una planta argentina de motores", *Monografía de Trabajo Nº 40*, Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, agosto 1981. (Ver Caso Nº 5 en el capítulo 2 de este libro).

zación de la producción, a través, por ejemplo, de una racionalización del "mix" de producción y de un uso más especializado del equipo disponible por "línea" específica de producto.

De una forma u otra lo que resulta importante recalcar aquí es que el aprovechamiento adecuado de las ventajas de la producción continua **no es ni inmediato ni automático**. Muy por el contrario, acceder a las economías de escala inherentes a un diseño de planta de tipo continuo generalmente ha demandado tiempo y esfuerzos domésticos de ingeniería de los diversos departamentos técnicos que componen la empresa. La tarea técnica involucrada de ninguna manera ha sido rápida o exenta de desequilibrios. En lo que hace al tema de la absorción del desequilibrio, tanto el acceso a la información técnica como la estrategia competitiva global de la firma parecen haber jugado un rol de consideración. A raíz de su más fácil acceso al extenso stock de información técnica perteneciente a la casa matriz, las subsidiarias domésticas de firmas extranjeras parecen haber accedido más fácilmente a un mejor, o más rápido, aprovechamiento de las economías de escala subyacentes en la tecnología de tipo continuo.

Dicha situación, sin embargo, no ha sido necesariamente el caso general sobre todo cuando la subsidiaria latinoamericana fuera creada con un "mix" de producción más amplio que el de la misma casa matriz, (la que por lo general a esta altura de su desarrollo, posee "líneas" de producción, o hasta plantas completas, especializadas por producto) o con una tecnología del proceso que, aunque organizada en línea, está lejos de parecerse a la empleada por la casa matriz en todo lo referente a grado de automatización del proceso productivo. En este último caso acceder a las economías de escala subyacentes bajo el diseño tecnológico localmente empleado probablemente ha reclamado un monto sustantivo de esfuerzos tecnológicos en materia de ingeniería de procesos y de organización y metodos hechos "a medida" y en estricta concordancia con la planta fabril local.

El cuadro III.1 resume diversos rasgos tecnológicos y económicos de las plantas metalmecánicas de producción continua, organizadas en "línea", examinadas en los estudios de campo.

Las plantas producen, por un lado, bienes de consumo, como por ejemplo automóviles y los diversos subconjuntos (v.g. motores) o, partes y piezas individuales (pistones, árboles de leva, blocks de cilindros, múltiples de admisión, etc.) requeridos por los establecimientos terminales y, por otro lado, algunos bienes de capital lo suficiente simples y estandarizados como para hacer factible su fabricación en "línea". Motores eléctricos, tornos paralelos de tipo convencional y otros productos semejantes corresponden a este grupo.

Tres de las cinco firmas consultadas integrantes de este subgrupo corresponden en sus comienzos a iniciativas de empresarios y capitales de origen nacional y entran en funcionamiento en los años de la inmediata post-guerra. En uno de los tres casos la empresa es posteriormente adquirida por una firma terminal subsidiaria de un grupo multinacional razón por la que, contemporáneamente, debe ser considerada —desde el punto de vista de la propiedad legal del capital— como empresa extranjera.

Las dos firmas restantes son de fecha más reciente —1961 y 1970, respectivamente— y ambas pertenecen desde sus orígenes a empresas extranjeras.

En relación a todo este grupo de firmas, cuya producción se halla organizada en "línea", examinaremos a continuación: a) orígenes de la tecnología de producto y pro-

ceso localmente empleada, b) fuentes y naturaleza del cambio tecnológico incorporado por la empresa a través del tiempo, c) magnitud del esfuerzo tecnológico encarado por las mismas, etc.

Veamos primeramente lo que hace al origen de la tecnología implantada, comenzando por la ingeniería de producto, y siguiendo luego con la tecnología de producción en sí.

En las dos firmas subsidiarias de capital extranjero, la ingeniería de diseño de producto viene casi íntegramente dada por la casa matriz respectiva. Se trata de Perkins (Argentina) y Sofasa (Colombia). El origen externo del diseño de producto no impide que en ambos casos la firma local introduzca ajustes, cambios de piezas, graduales mejoras en las prestaciones del diseño original, etc. pero puede afirmarse sin temor a errar que en ambas situaciones la ingeniería de producto se origina primeramente fuera de la empresa y fuera de la región latinoamericana.

En las otras tres firmas que conforman el grupo de empresas de producción en "línea" –es decir, las tres que en sus comienzos pertenecen a capitales nacionales– el origen de la tecnología de producto pone de manifiesto otro rasgo morfológico hasta aquí no mencionado, pero que no puede ser olvidado, esto es, si estamos en presencia de una firma que produce un bien final o de una empresa que produce un insumo intermedio. Una de estas tres firmas produce un bien final. Se trata, como dijéramos antes, de un torno paralelo simple, de tipo convencional. En este caso la tecnología de producto es enteramente local y resulta de un extenso proceso evolutivo que comienza más de dos décadas atrás a través de la copia de un producto similar de origen europeo. En los otros dos casos se trata de empresas subcontratistas que producen insumos intermedios para firmas terminales productoras de vehículos. A raíz de su carácter de proveedores de subconjuntos y piezas, ambas firmas operan con una tecnología de producto en buena medida preespecificada por la firma terminal respectiva. Ello no impide, sin embargo, que una de dichas firmas –Metal Leve (Brasil)– mantenga un fuerte elenco de ingeniería de producto, apoyado por una Oficina de Investigación y Desarrollo ocupada de temas de física, química y metalurgia. Dicho grupo de I y D interactúa activamente con universidades del país y del extranjero y toma acción en el diseño de nuevos productos, tanto para las mismas empresas terminales como para otras firmas de gran envergadura internacional. El hecho de que esta firma opere abundantemente en el mercado internacional sin duda fuerza a su departamento de ingeniería de producto a una constante actualización tecnológica. Así, y aún cuando la ingeniería de producto con que opera esta firma se halla muchas veces preespecificada por el diseño de producto de la casa terminal para la que trabaja como subcontratista, puede afirmarse sin temor a duda que la firma se encuentra en contacto estrecho con la frontera técnica mundial en materia de ingeniería de producto.

Volviendo brevemente al tema de la tecnología de producto de la empresa de capital nacional que fabrica un bien final –se trata de Romi, (Brasil)– cabe observar que la firma opera con tecnología doméstica en una gama amplia de máquinas-herramienta de tipo convencional en las que el "estado del arte" hubo de evolucionar lentamente a lo largo de los años 1950 y 1960. A diferencia de ello, y pese a que la empresa mantiene un fuerte compromiso en materia de gastos de investigación y desarrollo resulta importante observar que cuando pasamos al diseño de equipos con comando numérico –donde la frontera tecnológica mundial está evolucionando rápidamente en nuestros días como

CUADRO III.1

Algunos rasgos técnico-económicos de las plantas de producción continua examinadas por el programa BID/CEPAL/CIID/PNUD

Empresa	Producto	Nacionalidad y propiedad	Origen de la tecnología	
			Diseño producto	Proceso productivo
1. *Perkins Argentina* Argentina, 1961	Motores	Gran Bretaña, empresa extranjera	El diseño procede de las terminales y casa matriz en G.B. Hay poco esfuerzo local de ingeniería	Muy específico, con mucho equipo autofabricado. Es una planta europea refaccionada
2. *Metalúrgica Tandil* Argentina, 1948	Fundición *Blocks* Arbol levas Múltiple de admisión	*Inicialmente:* Capital nacional. *Actualmente:* Subsidiaria empresa extranjera	Dado por las terminales. Poco esfuerzo doméstico. Hacen diseño de producto para terceros	Reemplazan proceso convencional por *'Shell moulding'* o 'caja caliente'. Información técnica alemana
3. *Metal Leve* Brasil, 1950	Pistones	Capital nacional. Empresa privada	Diseños dados por las terminales pero amplio esfuerzo técnico local en diseño para firmas extranjeras	En 1976 abren una línea automática que obtiene 600 piezas/hora frente a 200 de la línea convencional
4. *Romi* Brasil, 1941	Tornos paralelos	Capital nacional. Empresa privada	Diseño convencional mejorado a través de años. Gran esfuerzo de diseño local en otras líneas de producto	Tienen 60 centros de mecanizado. Fundición propia. Mucho equipo autofabricado
5. *Sofasa* Colombia, 1970	Automóviles	50% empresa pública y 50% subsidiaria empresa extranjera	Diseño dado por casa matriz y adaptado localmente. Piezas nuevas de diseño local. Estandarización motores, frenos, cajas velocidad	Equipos provistos por casa matriz. Sólo algunos cambios y algunos pocos diseños locales

Fuente. Elaboración propia sobre la base de distintos estudios de campo. Véase el Apéndice.

veremos en el capítulo 5 de este libro— la empresa ha enfrentado diversas dificultades, habiendo últimamente recurrido a un acuerdo de asistencia técnica con una firma multinacional estadounidense, líder mundial en la materia. Dada la importancia que este tema adquiere desde el punto de vista del diseño e implementación de instrumentos de política económica retomaremos al análisis de este caso en el último capítulo de este libro.

Pasando ahora al origen de la tecnología de proceso empleada por las cinco firmas bajo estudio, observamos varios hechos de interés.

Tres de las cinco firmas llegan al empleo de una tecnología organizada en "línea" **por vía evolutiva,** tras haber operado anteriormente durante varios años en base a una tecnología discontinua. En los otros dos casos —Perkins, Argentina y Sofasa, Colombia— las plantas arrancan desde un comienzo con un diseño de planta de tipo continuo, aún cuando en ambos casos y merced a una excesiva amplitud del "mix" de producción ele-

Naturaleza del cambio tecnológico		Dimensión esfuerzos ingeniería e investigación y desarrollo (IyD)	Rasgos morfológicos del mercado		Exportaciones
En diseño producto	En proceso y organización		Tipo	Protección	
1) Distintos usos del motor fabricado. 2) Mejoras de calidad en hermeticidad, resistencia mecánica en *block*, cigüeñal, etc.	Importante equipamiento en los años 1970 y cambio técnico 'incorporado'. Baja la flexibilidad de la línea. Mayor integración	Las ingenierías son 8% de las horas totales	Oligopolio concentrado	Régimen especial favorece alta integración vertical y bajo contenido de importanciones	
	1) Importante aumento de productividad en noyería y rebaba, por ahorro de tiempo 2) Rechazos caen de 13% (1976) a 5% en 1980/81		5% del mercado total y 10% de las empresas 'grandes'		Muy pocas
		1.5% de ventas en IyD. Aproximadamente 60 personas. Intercambio con universidades y apoyo FINEP	70% del mercado de pistones		
		7% sobre Ventas. Desde 1979 IyD independiente de oficinas de ingeniería de producto y asistencia técnica planta	70% del mercado interno		17% de ventas en 1979
1) Diseño de piezas nuevas para R-18 2) Aumentos de cilindrada en R-4 3) Mejora de calidad (Ej.: cigüeñal forjado a fundido)	1) Se mejora mucho la planeación de la producción, el manejo de *stocks*, etc. 2) Sustitución de subprocesos	2% sobre ventas. 13 personas en planta y 45 en total. 35% del tiempo dedicado a ingeniería de proceso	Oligopolio concentrado		

gido se observan grandes dificultades para captar de entrada las economías de escala subyacentes bajo la tecnología continua.

En estos dos casos, en que se arranca de entrada con una tecnología de tipo continuo, el diseño de planta lo hace la casa matriz respectiva —son ambas subsidiarias de empresas multinacionales— y se reproduce en el medio doméstico un diseño de fábrica ya experimentado por la matriz en otra localidad.

Por el contrario, en los tres casos en que se llega a la tecnología continua por un camino evolutivo, la ingeniería local de procesos ha tenido mucha mayor participación. No debe olvidarse que en su origen estas tres firmas son propiedad de capitales nacionales. En dos de los casos es la rápida expansión del mercado local, subsiguiente a la implantación de la industria automotriz, lo que provee el estímulo para inducir la transformación a proceso continuo. En el tercero de estos casos —tornos paralelos— es la decisión

de exportar masivamente un producto estandarizado y homogéneo lo que aparece como el estímulo primario para el montaje de una "línea" de producción continua. De una u otra forma es el tamaño del mercado potencial —doméstico o externo— lo que induce a la transición a proceso continuo.

Es importante observar que estas tres firmas experimentan muy significativos aumentos de productividad global al pasar de una organización discontinua a un proceso continuo. El ahorro de tiempo en los subproductos de noyería y rebaba subsecuente a la implantación del carrusel continuo en Metalúrgica Tandil, la cuasi triplicación del número de piezas/hora que alcanza Metal Leve en sus líneas de producción continua, y un hecho semejante en la historia de Romi, dan cuenta del tremendo impacto que subyace bajo el pase de un "modo de producción" al otro. Por el contrario, en los dos casos en que se implanta de entrada la producción continua resulta ostensible el mal uso de las ventajas potenciales subyacentes bajo esta forma de organización de la producción. Una excesiva diversificación del "mix" de producción resulta responsable en ambos casos de una etapa inicial cargada de ineficiencias operativas.

En los cinco casos bajo examen la "línea" de producción continua fue montada en base a equipos primordialmente traídos del exterior, aunque ello no descarta el hecho de que al menos en cuatro de las firmas involucradas, el diseño y la autofabricación de diversas máquinas individuales haya sido históricamente importante, aún para el montaje de una "línea" de producción continua.

Hasta aquí lo referente al origen de la tecnología de producto y proceso de las empresas estudiadas. Pasamos a estudiar aspectos inherentes al cambio tecnológico en dichas firmas.

La resolución de problemas de la tecnología originalmente implantada, la búsqueda de aumentos de calidad y/o de reducción de costos, la sustitución de subprocesos (fundición por forja, por ejemplo), o de materias primas, el mejor manejo de stocks e inventarios, el desarrollo de subcontratistas, etc. constituyen algunos de los temas centrales a ser tenidos en cuenta cuando intentamos examinar la conducta tecnológica de estas empresas.

Tal como dijéramos anteriormente, las dos plantas que parten desde el comienzo con una tecnología de tipo continuo parecen haber aprovechado muy pobremente en sus etapas iniciales las economías de escala subyacentes bajo la tecnología elegida. En uno de los casos, en respuesta a dicha situación el elenco técnico decide la estandarización de partes y subconjuntos y la racionalización del "mix" de producción cuando comprende la pesada incidencia del "down time" o "tiempos muertos". Simultáneamente, la empresa mejora en forma significativa en materia de organización y planeación de la producción, manejo de stocks, etc. En buena medida, el cambio tecnológico es aquí "desincorporado" e incluye tanto aspectos de ingeniería de producto como de tecnología de organización de la producción. En el otro caso —Perkins, (Argentina)— el aprovechamiento de las economías de escala hizo necesario un fuerte programa de equipamiento que la firma puso en práctica casi 10 años después de su implantación. A diferencia del anterior, éste es un caso de cambio tecnológico "incorporado" que disminuye la flexibilidad de la planta fabril, aumenta su grado de especialización por "línea" mejorando por esta vía el uso del tiempo al interior del establecimiento en su conjunto.

De los tres casos restantes, en que se llega "evolutivamente" a la instalación de una

"línea" de proceso continuo, dos revelan un más acentuado esfuerzo tecnológico doméstico en materia de ingeniería de procesos. El primero de ellos corresponde a una fundición "cautiva" que trabaja casi enteramente con diseños de producto de la firma terminal a la que abastece, mientras que el segundo involucra a la empresa que fabrica tornos paralelos convencionales, rubro de alto grado de estandarización y universalidad. En ambos casos los esfuerzos domésticos en materia de ingeniería de procesos han sido sustantivos y significativamente más importantes que en materia de ingeniería de producto. Ello no debe interpretarse, sin embargo, como una falta general de dedicación de dichas empresas a la ingeniería de productos, sino como indicación de que la "línea" aquí examinada requirió pocos esfuerzos tecnológicos en materia de diseño de producto. En el caso de la firma productora de tornos paralelos, conviene tener presente que la empresa posee otros varios establecimientos adyacentes organizados bajo la forma de "taller" en los que se produce una amplia gama de tornos paralelos, tornos revólver, etc., y máquinas-herramienta varias. El grupo como un todo destina 7 % del valor de sus ventas anuales a tareas de investigación y desarrollo, y aunque es obvio que la ingeniería de productos requerida por el torno paralelo producido en "línea" es sólo una parte muy menor del esfuerzo tecnológico global que realiza la empresa, conviene tener presente que la misma efectúa tareas de ingeniería de producto en muchas otras direcciones adicionales. Igualmente, parece importante notar que en el caso de la fundición "cautiva" la firma revela haber dado origen a un grupo económico independiente —Ingeniería Santander (Colombia)— dedicado al diseño y construcción de equipos y máquinas para terceros. En otros términos y aunque el carácter "cautivo" de la "línea" de fundición restringe significativamente los requerimientos en materia de ingeniería de producto, el incremento de la capacidad de diseño que muestra esta firma revela el fuerte elemento sinérgico que subyace bajo la acumulación de capacidad de ingeniería en general.

Los párrafos anteriores resumen la evidencia empírica recogida en lo relativo a la naturaleza del progreso tecnológico incorporado por las cinco plantas de producción en "línea" examinadas a lo largo del presente programa de investigaciones. Resalta la gran diversidad de situaciones detectadas. Mientras que en un caso el grueso del cambio tecnológico es "desincorporado", e involucra a las ingenierías de diseño de producto y de organización de la producción, en otro es primariamente de naturaleza "incorporada" y se asienta en la tecnología del proceso productivo en sí, en la incorporación de máquinas nuevas de producción. En aquéllas que actúan como subcontratistas de terceros el cambio tecnológico parece haber estado más referido a la ingeniería de procesos que a la ingeniería de producto, situación que aparentemente también se registra en el caso de la firma que produce un bien final estandarizado y de uso universal.

La diversidad de situaciones también se repite cuando intentamos clasificar las razones que motivaron la incorporación de los cambios tecnológicos detectados. El aprovechamiento de economías de escala, la mejora de calidad, la sustitución entre subproductos o de una materia prima por otra, la reducción de costos a través de la disminución de tiempos directos de transformación, de un más adecuado manejo de inventarios, etc., constituyen las razones más frecuentes observadas.

Las plantas de producción en "línea" por lo general son unidades productivas relativamente grandes en proporción al mercado específico en el que trabajan. Mientras que Metal Leve y Romi llegan a abastecer cerca del 70 % de sus respectivos mercados,

también Perkins Argentina y Sofasa Colombia, constituyen casos claros de oligopolio concentrado con cobertura importante de sus respectivos mercados.

Dado el tamaño relativamente grande de estas firmas respecto al mercado en que operan, no resulta extraño comprobar que todas estas plantas mantienen importantes departamentos de ingeniería que emplean desde cerca de medio centenar de técnicos y profesionales en Sofasa, hasta cifras que duplican (o triplican) dicho número en Metal Leve o Romi. Resulta comprensible que escalas de producción de esa envergadura puedan afrontar el mantenimiento de elencos especializados en las distintas ramas de la ingeniería, y hasta oficinas de I y D más directamente involucradas en misiones exploratorias de cierto contenido novedoso y/o científico. En este sentido cabe notar que las dos firmas con más claro compromiso en tareas de investigación y desarrollo son brasileñas, corresponden, en términos de propiedad, a capitales de origen nacional, y han recibido y aún reciben, franco apoyo estatal en materia tecnológica. A su vez las dos están fuertemente involucradas en el mercado internacional, mantienen escalas de planta parecidas o semejantes a las prevalentes en el mundo desarrollado y en diversos sentidos trascienden la mentalidad estrecha de producción para el mercado interno que prima en la gran mayoría de los establecimientos fabriles estudiados. Volveremos a este tema en el último capítulo al ocuparnos de ventajas comparativas dinámicas, esfuerzos tecnológicos locales y política pública.

3.2. La producción "discontinua", organizada como una sucesión de "talleres"

Dejamos ahora el análisis de los establecimientos de producción continua organizados en "línea" y proseguimos a continuación con el caso de las plantas metalmecánicas de producción discontinua, organizadas como una sucesión de "talleres". Hemos estudiado una veintena de situaciones de este tipo, de distintas dimensiones, nacionalidad, etc.

Conviven dentro de este grupo firmas que trabajan a "pedido" o por "órdenes individuales", y las que lo hacen en pequeños "lotes" para stock.

Tal como dijéramos en el capítulo primero de este trabajo un establecimiento metalmecánico que opera a "pedido" o en "pequeños lotes" conforma un "modo de producción" sustancialmente distinto al de la producción en "línea". La empresa de tipo y origen familiar, montada sobre la base del ingenio mecánico de un inmigrante, con una asentuada preeminencia de la ingeniería de diseño de producto por sobre las de proceso y organización de la producción, con un todavía escaso —y gradualmente creciente— aprovechamiento de las economías de escala que se derivan de la estandarización y normalización, etc. constituyen la "firma representativa" en este subgrupo.

Dos o tres décadas de funcionamiento sostenido parecen haber sido necesarias para que en algunos de estos casos el establecimiento fabril inicial —muchas veces un mero taller de reparaciones de maquinaria importada— llegara a la categoría de una planta industrial razonablemente equipada y organizada, en la que se manejan registros contables por "centros de costo" que permiten reconstruir el costo estándar de fabricación en la que se efectúa el "seguimiento" de partes y piezas a través de los distintos subprocesos, en la que se lleva a la práctica una rutina estable de control de calidad y de mantenimiento preventivo del equipo disponible, en la que se maneja un sistema de premios a la

productividad relacionado con el patrón de tiempos estándar con que funciona la planta, etc.

En gran parte de los casos examinados el volumen físico de producción se ha multiplicado por cinco –y hasta diez– en el lapso de pocos años, y todo el carácter de la operación industrial se ha modificado concomitantemente. Los análisis inter-temporales de productividad deben encararse con suma cautela en tanto y en cuanto el "mix" de producción normalmente ha variado, la calidad de cada uno de los ítem del "mix" también lo ha hecho, la nómina y naturaleza de los subprocesos empleados se ha modificado "pari pasu" con el equipamiento incorporado y con la subcontratación a terceros; el "ratio" de obreros directos a indirectos ha bajado, los "skills" y niveles de calificación del personal han crecido, etc.

En muchos sentidos debe aceptarse que las plantas fabriles que hoy están en funcionamiento guardan en su interior la marca indeleble de su conformación técnica inicial –que en distintos momentos históricos va restringiendo las posibles elecciones técnico-económicas asequibles a la firma– agregando a dicha conformación inicial un complejo historial de expansiones, cambios de estrategia, y gradual desarrollo de la capacidad tecnológica doméstica. Intentaremos describir en las páginas que siguen, dicho proceso histórico-secuencial y evolutivo.

Para hacerlo dividiremos las historia evolutiva de la firma en "fases" o "etapas". La primera de ellas –que denominaremos de "implantación original" reune una serie de características cuasi-artesanales–, típicas de una organización productiva de rasgos familiares. No hay especialización de funciones, el equipamiento es de tipo universal y rudimentario, y el producto fabricado es elemental, muchas veces no más que las partes y repuestos de equipos preexistentes importados del extranjero, o la producción de algún modelo "viejo" de un bien de capital, o de un bien de consumo, traído del exterior.

La segunda "fase" o "etapa" describe la transición desde dicho taller artesanal a una fábrica más moderna. Es importante no imaginar dicha transición como un plan orgánico, en algún sentido asimilable a lo que sería una situación de expansión en equilibrio como se describe en los libros de texto convencionales. La transición se caracteriza, muchas veces, por: i) la mudanza a otra localización física, ii) la fuerte expansión del equipamiento, iii) la rápida incorporación de personal directo de producción. En ese momento no hay, todavía, gran orden y racionalización en los sucesivos pasos dados por la empresa. El nuevo edificio o planta fabril por lo general no está especialmente diseñado en función de las tareas específicas de la firma, razón por la que el "lay-out" de planta es más resultado del azar que de la programación. La selección e incorporación de equipos y de personal operativo se realiza no pocas veces con criterios extraeconómicos y en base a información sumamente imperfecta. Abundan los excesos y los defectos en el marco de una situación donde lo central es la rápida expansión del volumen físico de producción. La calidad del producto comienza a mejorar en función del nuevo equipamiento, pero todavía no existen criterios orgánicos y rutinariamente aplicados en materia de control de calidad.

La tercera "fase" se caracteriza por el desarrollo de la ingeniería de planta en torno a un gradual proceso de "digestión" de la capacidad instalada y del personal obrero y técnico que creciera descontroladamente en la "fase" anterior. En esta etapa varía sustancialmente el ratio MOD/MOI –esto es, obreros directos a indirectos– a medida que la

rma incorpora técnicos y profesionales y racionaliza el uso de sus recursos productivos. Los criterios formales comienzan a reemplazar la tradición oral, y la información técnica comienza a manejarse más ordenadamente, apareciendo los planos por pieza, los manuales de mantenimiento de máquinas, las rutinas de control de calidad, etc.

La cuarta "fase" —última en la secuencia evolutiva que describimos— incorpora definitivamente la ingeniería de organización y métodos en torno a un programa de funcionamiento global de la firma que incluye no sólo la planta fabril en sí sino al resto de funciones complementarias como compras, almacenes, servicio técnico de ventas, etc. En esta etapa aparecen ya los esfuerzos de "linearización" de distintos tramos del proceso productivo a través de la aplicación de métodos de la ingeniería de la organización como son los estudios de "familias de piezas", "grupos tecnológicos" y otras técnicas varias que permiten estandarizar, normalizar y, en términos más generales, ganar economías de escala mejorando los tamaños de lote, reduciendo las paradas de máquina y los "tiempos muertos". Los estudios de tiempo y movimiento, el desarrollo de subcontratistas, etc. son proverbiales de esta cuarta etapa. La misma describe un estadio sofisticado de funcionamiento y organización de los diferentes departamentos de ingeniería de la firma.

La secuencia evolutiva previamente descripta no transcurre de la noche a la mañana. Antes bien, no debe asombrarnos encontrar que la misma requiere fácilmente dos décadas. Tampoco debe asombrarnos encontrar que no hay nada lineal y con características de "expansión en equilibrio" en el marco de un caso específico. Lo característico son los desbalances entre Secciones de la planta, entre la Ingeniería de Producto y el equipamiento disponible, etc. Cada uno de dichos desbalances es el motor y la señal para que un nuevo esfuerzo de ingeniería tome cuerpo al interior de la planta a fin de generar un incremento de conocimientos e información tecnológica capaz de resolverlo[187]. En este sentido no cabe duda que ésta es una de las fuentes más importantes de estímulo para el desarrollo de capacidad tecnológica propia al interior de la firma. No es verdaderamente un hecho seguro y obvio el que una dada empresa logre transitar con éxito todas las fases descriptas. Sin duda conocemos casos —y muchos— de fracaso en el intento de mantenerse como organización productiva, esto es de firmas que desaparecen en algún punto de su historia. La firma debe ser vista como si se moviera a través de sucesivas situaciones de desequilibrio en las que, por exceso o por defecto, se halla fuera del óptimo y se encuentra a la búsqueda de una asignación más racional de recursos. Como simultáneamente están cambiando las variables de contorno (el mercado, la macroeconomía) dicho proceso de ajuste rezagado es prácticamente constante. Acerca de otro proceso simultáneo de ajuste que transcurre a nivel del mercado como un todo, tendremos algo más que decir en la sección próxima de este capítulo.

Por supuesto no hay nada de obligatorio, o lógicamente necesario, en las relaciones funcionales y en la "etapas" que aquí se describen. Otras secuencias de idéntica (o diferente) duración temporal parecen lógicamente viables en contextos menos protegidos o en escenarios en los que los mercados de factores funcionen en base a reglas del juego distintas de las que son proverbiales en la región latinoamericana (los casos de Japón y Corea, son particularmente relevantes en este sentido).

[187] Véase aquí la similitud con el concepto de "trayectorias naturales" acuñado por N. Rosenberg en su libro *Perspectives on Technology,* Cambridge University Press, 1976.

Sólo algunas de las firmas estudiadas han alcanzado durante el período de postguerra a transitar los cuatro estadios descriptos. En particular, ello es cierto en el caso de algunas empresas argentinas, brasileñas y mexicanas. En menor medida la afirmación es válida en algunos casos colombianos. Las firmas venezolanas o peruanas parecen venir detrás de las colombianas en esta escala evolutiva. La gran mayoría de las plantas metalmecánicas examinadas en el marco de la región pueden localizarse en algún punto ubicado entre las "fases" dos y tres de la secuencia propuesta.

Muchas de estas firmas gozan de un cierto grado de "protección natural" emergente de la existencia de ventajas de localización, o de una mayor adecuación tecnológica a requerimientos específicos de la demanda local que los productos de procedencia extranjera. Dicha "protección natural" debilita el papel de la competencia externa y debe ser tenida en cuenta al examinar la conducta técnico-económica y competitiva de las firmas estudiadas. Este tema es posteriormente examinado en el capítulo final del libro.

Quizás esto mismo es lo que puede explicar la importancia básica que la ingeniería de productos parece haber tenido en los orígenes mismos de muchas de las firmas que integran este subgrupo. El problema era más el de satisfacer una demanda existente y bajo un régimen de elevada "protección natural" o arancelaria que el de hacerlo a un costo o con una especificación de calidad que hubieran podido confrontar la competencia externa.

Dicha ingeniería original de producto provino en no pocos casos, de la copia de un símil extranjero, situación que puede detectarse en maquinaria agrícola, en máquinas herramienta, en molinos para beneficiar harina o arroz, etc. En el momento inicial dicha copia, por lo general, estuvo referida a una "generación tecnológica" relativamente antigua del producto en cuestión. Tal es el caso de Turri[188] o Romi[189] cuando copian un torno europeo conopolea en el inicio de su operación en los años '40, o el caso de Zaccaria[190] cuando comienza a producir molinos para beneficiar arroz en la década de los años '30 en la región de San Pablo, Brasil, etc. En parte son las limitaciones del equipo de capital disponible —sumamente rudimentario en esos momentos— las que llevan a ello, pero no pueden descartarse rezagos informativos de importancia en dichos primeros esfuerzos de diseño y copia de productos.

En la gran mayoría de estos casos, la ingeniería de procesos —y mucho más aún la de organización de la producción— no parecen haber cumplido un papel de significación hasta una (o incluso dos) décadas después de la apertura original. En el equipamiento inicial abundan las máquinas usadas y autofabricadas. Los "lay-out" de planta resultantes de la casualidad, o el azar, son mucho más frecuentes en aquéllos derivados de la programación de la producción. Hay grandes desbalances técnicos entre una Sección de planta y otra —véase dentro de la evidencia factual recogida por el Programa, el dramático desbalance entre los departamentos de forja, mecanizado y matricería que caracteriza

188 Véase A. Castaño, J. Katz, F. Navajas, "Etapas históricas y conductas tecnológicas en una planta argentina de máquinas herramienta", *Monografía de Trabajo Nº 38*, op. cit., 1981.

189 Véase H. Nogueira Cruz, "Relatoria Parcial - Parte II. Firma E", *mimeo*, Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, enero 1981.

190 Véase H. Nogueira Cruz, "Evoluçao tecnológica no Setor de Máquinas de Processar Cerais, Um Estudo de Caso", op. cit., 1981".

CUADRO III.2

Algunos rasgos técnico-económicos de las plantas de producción discontinua, en pequeños lotes o por "órdenes individuales"

Fábrica y país	Producto	Propiedad, nacionalidad	Origen de la tecnología	
			Producto	Proceso de organización
1. *Gherardi* Argentina (1937)	Maquinaria agrícola Stock	Argentina. Empresa familiar	Adaptación diseños importados	Forja, maquinado y soldadura son las más capital-intensivas
2. *Zaccaria* Brasil (1920)	Maquinaria agrícola. A pedido	Brasileña. Empresa familiar	Copia de similares importados simples, luego más complejos	Equipan 2a. mano. En 1943 montan 1a. fáb. como 'taller'. Se autofabrican equipos y herram. El equipamiento se hace más sofisticado en los años 70
3. *Forjas* Colombia (1950)	1. Orugas de tractor 2. Autopartes 3. Actualmente: cigüeñal forjado para Renault 4. Bridas y cuerpos moledores	Colombiana, 30% nacional, 60% extranjera. Administr. alemana, luego italiana y posteriormente IFI	Etapa 1a.: mucha diversificación y lotes chicos en orugas de tractor. Etapa 2a.: aumenta diversific. al incorporar productos FIAT, pero se subcontrata más. Etapa 3a.: IFI baja diversificación	Estudios iniciales hechos por consultor alemán. Hasta 1970 gestión alemana. Desde 1980 gestión IFI pero ya hay mucha obsolescencia. Siempre hubo desbalance entre forja y mecanizado y entre aquélla y matricería
4. *Ramo* México (1941)	Molinos harineros. Casi todos a pedido. Para reparaciones hace algún equipo para *stock*	Mexicana. Empresa familiar	Viene de tradición familiar en molienda. Comienza reparando equipos viejos y fabrica los repuestos. Se diversifica hacia otros productos	Se muda a un local nuevo en 1961. Allí inicia la etapa fabril. Tienen fundición propia
5. *Rota-Agro* Venezuela (1961)	Maquinaria agrícola. Produce para *stock*	Venezolana. Familiar, originada en Cuba	Segadora rotativa copiada de modelo norteamericano. Esfuerzo adaptativo al medio local. Al tener fundición propia esto incide sobre diseño de productos	En 1963 establece taller propio bastante simple. A partir de 1968 también tiene planta de fundición

Fuente: Elaboración propia a base de distintos estudios de campo. Véase el Apéndice.

al diseño original de planta en el caso de Forjas de Colombia[191]. Obviamente estos talleres no tienen estándares técnicos ni costos de fabricación hasta muchos años más tarde. Asimismo, y dada la ausencia de subcontratistas, amén de una tradición familiar de autoabastecimiento, la integración vertical es casi completa, incluyendo la fundición, la inge-

[191] Véase D. Sandoval, Análisis del Desarrollo industrial de Forjas de Colombia, 1961-1981", op. cit., 1982.

Descripción del cambio técnico				
En diseño de producto	En tecnología de proceso	Subcontratistas y proveedores	Patentan	Aumentos de productividad, origen y magnitud
Enfasis ingeniería producto. Demanda juega papel importante en 2a. etapa. Cuerpo sembrador absorbe mucha innovación	Ahorros en tiempo de preparación de máquinas	En el auge subcontratan. En los modelos más complejos mayor el procesamiento interno. (70%). Diseñan en planta (caja veloc.) y se hacen fabricar	Sí, sobre todo en los años 70	El aumento en economías de escala viene por menor tiempo de preparación de máquinas. Producción crece con las innovaciones
En 1948 incorporan descascarador de cereal. La nueva generación (1970) se abre a máquinas-herramienta	Sólo últimamente comienza a hacer 'pequeños lotes'. Antes eran órdenes individuales. La 2a. generación hace costos, pone computadora, etc.	1. Total integración vertical. 2. 1944 - ponen fundición y sección caucho. Plazos, precios y calidad subcontratistas eran malos. 3. Años 70 dejan de fundir y compran a terceros	Sí. Tienen unas 20 patentes de producto. Son de la época de recesión. En la expansión no patentan	No se ven grandes aumentos. Hay problemas medicionales por la amplitud del *mix* y los cambios de calidad y de subprocesos cubiertos
A partir 1975 con FIAT hizo más autopartes con diseño FIAT. Desde 1977 usa diseño Renault	1. Manufactura matrices es área central en que se mejoró con introducción nuevas máquinas. 2. Se trata de hacer 'continuo' el tramo 'horno-máq. de forja' para bajar costo energía. 3. Aumentan tamaños lote	En etapa FIAT se busca subcontratar para reducir el efecto negativo de la mayor diversificación originada en diseños FIAT. IFI aumenta subcontratación y baja diversificación	No	Gran subutilización en todo momento. En forjas es casi 50% históricamente. En mecanizado 60%
Gran diversificación de usos de equipos parecidos	Sólo adquieren algunas máquinas modernas en 1979	Al principio importaba 90% de cada planta que construía. Luego fue aumentando la autoproducción	En 1965 registró la primera patente	Hay un efecto *'embodied'* en los años 1970.
Fuerte contacto con productores agrícolas proveen indicación de adaptaciones necesarias. Abren posteriormente el *'mix'* de producción siempre a base de copia de modelos extranjeros reforzados	Trató de aumentar su grado de integración vertical incorporando fundición y fábrica de discos para arado. Su organización es más deficiente que la de Tanapo o Nardi. Actualmente está mejorando imitando a las otras	Al principio, incorporar la fundición le permitió bajar costos. Hoy no, pues hay mejores subcontratistas. Desarrolla una gama de 'talleres externos' que le permiten bajar costos y enfrentar la recesión	No	La productividad mejora al reducir el grado de diversificación. La competencia está comenzando a usar control numérico. Ellos todavía no.

niería civil asociada a la construcción de nuevos edificios, etc. El caso Rota Agro en Venezuela ejemplifica una situación extrema de este tipo[192].

[192] Véase M. Turkieh, "El cambio tecnológico en la industria venezolana de maquinaria agrícola. El caso de Rota Agro S.A. El caso de Tanapo S.A. El cso de Nardi C.A.". *Monografía de Trabajo Nº 52,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, julio 1982.

CUADRO III.2 **(Conclusión)**

Fábrica y país	Rasgos estructurales del crecimiento	Exportaciones	Concentración	Influencias macro	Calificación de la mano de obra
1. *Gherardi* Argentina (1937)	Hay 2 períodos: 1º: hasta 1972. 2º: 1972-78. Hacia final deben simplificar en recesión. Fracasan con innovaciones en 1974 y reducen la complejidad	Sí, mucho a países limítrofes. Puede reflejar adaptación a la demanda	4 empresas juntan 2/3 del total en 5 familias. *'Share'* es función de nuevos pedidos	Subsidio a agricultores	Hay más campo para rasgos informales. Antigüedad y 'seniority'
2. *Zaccaria* Brasil (1920)	Las oscilaciones de demanda los llevan a diversificar. La demanda cambia mucho en los años 70 e induce a la firma a mejorar el producto	Sólo en los años 65-70 comienzan a exportar. De nuevo como respuesta a una recesión	De entrada tenían cerca del 20% del mercado	En las recesiones lanzan versiones más simples y exportan; esto últimamente	Sólo con la expansión de los 70 se incorporan técnicas de mayor calificación y máquinas caras y específicas
3. *Forjas* Colombia (1950)	Hay 3 etapas muy definidas. La alemana: se fabrican rodamientos y hay ingeniería de diseño. La italiana: se producen autopartes intra grupo FIAT. La IFI: se hace acuerdo con Renault que aumenta lotes y exportaciones.	15-18% en fechas recientes (1975)	Al comienzo es un monopsonio. G. Electric es su único comprador	En 1965 se abre la importación, justo al entrar en producción. Devaluación aumentó la deuda en marcos y produjo quiebra	En la 'etapa alemana' el equipo técnico (hacía diseño de producto y métodos) tenía 40 personas. La 'época italiana' desmonta todo eso. IFI vuelve a la organización anterior
4. *Ramo* México (1941)		Ya en 1959 comenzó a exportar a USA. Vende planta completa en Costa Rica. Hoy es 15%	Tiene 50% del mercado nacional. El 40% lo tiene el otro competidor (extranjero)	1. Protección alta. 2. Crédito subsidiado	Desde 1966 tiene una escuela de capacitación
5. *Rota-Agro* Venezuela (1961)	El 'clima competitivo' fue cambiando en el tiempo, tras un inicio como monopolistas. Hoy deben imitar ellos a la competencia pues se sienten a la zaga	No exporta	Durante casi una década son la única firma del sector. Luego entran dos competidoras; una subsidiaria y otra licenciataria de empresas extranjeras	1. Crédito subsidiado a los agricultores es su principal fuente de expansión de demanda. 2. La contracción (1977/81) la afecta más que a las otras dos firmas	Hasta la reciente incorporación de la 'generación profesional' son pocas las mejoras introducidas

La historia subsiguiente a esta iniciación empresaria en base a una ingeniería de proceso y de organización de la producción sumamente rudimentaria e informal, debe verse como un proceso secuencial de naturaleza histórica en el que interactúan dinámicamente variables inherentes a: i) la firma —al interior de la cual van cambiando las calificaciones del personal, se van gestando y especializando funciones técnicas e incorporando nuevos equipos, y todo el plantel experimenta un gradual proceso de aprendizaje; ii) el mercado —el que simultáneamente va modificando su morfología y "clima competitivo"— y iii) la macroeconomía de cada sociedad particular.

Hasta aquí lo inherente al origen y características del "paquete" tecnológico inicial con que parecen haber comenzado a funcionar muchas de las empresas metalmecánicas de proceso discontinuo examinadas en el marco de esta investigación.

Corresponde ahora ocuparnos del cambio tecnológico, es decir, de todas aquellas modificaciones del "paquete" inicial de información técnica manejado por cada una de estas firmas. Nos interesa estudiar sus determinantes, naturaleza y consecuencias.

Materias primas	Papel del Estado y externalidades	Naturaleza del cambio tecnológico	Otros rasgos específicos
Se usan mayores espesores en chapa por calidad y eso da más peso y robustez	Importante papel INTA en difusión de información. Híbridos. Innov. biológ. y rasgos de la demanda	En 1974 lanzan máquina más compleja. Fracasan y deben hacer otro diseño más simple. Usan información técnica máquina francesa	1. El bastidor era abulonado y lo hacen soldado. Aumento de producto lleva a cambios de proceso 2. Hay contradicción entre especificidad del usuario y economías de escala, vía estandarización 3. Hay normalización entre una generación y la siguiente 4. Productor activo y usuario activo
Al comienzo se sustituye metal por madera	Prácticamente no hay ingerencia estatal más allá de la protección	Hay gran mejora de calidad. Hay una 'secuencia natural' en el tratamiento del cereal a ser beneficiado	1. Después de 1970 entra en funciones la 'segunda generación'. Cambia mucho el manejo de la firma 2. En 1966 contratan consultoría en organización y administración Esto lo propone un miembro de la 2a. generación 3. En los años 70 los productores se agrupan en cooperativas y comienzan a exigir mejores productos
En rodamientos hubo sustituciones de acero al cromo por acero al boro y se redujo el ciclo de producción	1. Entrenamiento y movilidad de personal. 2. Es empresa pública.	En matricería hubo varios progresos ahorradores de capital (vía tiempo y costo de matrices nuevas). Ese cambio es *'embodied'* vía una fresadora-copiadora, una máquina pulverizadora de vidrio, etc. En cigüeñal también hubo muchos cambios	1. En cuanto finaliza la instalación hay una profunda caída de demanda 2. En 1971 ya está en quiebra y cierra 3. FIAT la administra de 1974 a 1980. Se cierra Dpto. de Ingeniería y se pone énfasis en ventas de autopartes 4. Es un caso interesante de formación de recursos humanos y rotación de gente 5. En 1975 se construyó un horno para piezas pequeñas diseñado en planta 6. El taller de mecanizado tiene muchos 'cuellos de botella'
	Hay mucho crédito subsidiado	Nuevos usos de una tecnología de producto ya conocida	1. Se autofinancian con recursos que traen de España, en un principio 2. Las expansiones de 1961 son totalmente familiares 3. Aun hoy no tiene buenos registros contables y generales
Tiene menos capacidad de análisis de materiales y de implementar sustituciones que sus competidoras pero éstas últimas operan con licencias externas	La incidencia de la política crediticia al agro es muy grande	El grueso del cambio tecnológico hace a ingeniería de diseño de productos	1. En fecha reciente parecen haber comenzado un 'cambio generacional' importante que implica la aparición de una camada técnicamente calificada. Esta plantea renovar los métodos de trabajo y las formas de enfrentar a la competencia 2. Tiene una experiencia interesante en el desarrollo de 'talleres externos', trabajando a destajo. A partir de 1976 también desarrolla 'talleres internos' a la planta, con los que trata de eludir la legislación laboral

La ingeniería de productos ha sido, sin duda, la primera fuente de atracción para los esfuerzos tecnológicos domésticos en este grupo de firmas. La misma involucra: i) el diseño de sucesivas "generaciones" del producto fabricado; ii) la apertura (y, en ciertas ocasiones, el cierre) del "mix" de producción ofrecido; iii) la mejora de calidad de ítem particulares dentro del "mix"; y finalmente, iv) la organización de la información de diseño en planos por piezas, especificaciones de materiales, etc.

El primer paso en ingeniería de producto parece con frecuencia haber sido el de tomar distancia con el/los modelo(s) externo(s) originalmente copiado(s), en un intento de, simultáneamente, reducir la brecha tecnológica existente entre los productos ofrecidos local e internacionalmente y adaptarse en mayor medida a las necesidades de la demanda doméstica.

Un componente técnico autónomo, endógeno a la firma, y originado en el aprendizaje tecnológico de sus oficinas de diseño, así como también un componente exógeno a la misma, relacionado con cambios en la morfología del mercado y en la naturaleza de

la demanda, pueden rastrearse como los determinantes principales de un mayor esfuerzo tecnológico doméstico en materia de ingeniería de producto en los años iniciales de las historias empresarias aquí examinadas. Veamos dichos componentes con mayor detalle y a través de la evidencia empírica recogida.

De uno de los estudios efectuados, extraemos el siguiente material informativo al respecto de los determinantes de la temprana expansión de la ingeniería de producto: "En lo que a la firma se refiere hemos señalado que... la modificación de su producto principal, pasando de un torno paralelo "copia" del modelo Mass checoeslovaco, a uno copia Ursus —que es significativamente más sofisticado y complejo— junto al incremento en el equipamiento y personal técnico que está asociado al cambio en el producto (dado que la escala se mantiene en 10— 12 tornos mensuales en promedio), conforman el primer paso en la transición...".

El estudio continúa contando que es, por un lado, la aparición de la industria automotriz, y, por otro, el desarrollo autónomo de la capacidad interna de ingeniería de diseño de la firma, lo que induce a dicho cambio. La industria automotriz produce "...la diferenciación de dos tipos de demandas en el mercado de tornos. Una, ya tradicional, representada por talleres de reparación, mantenimiento y mecanizado que elaboran productos de bajo nivel de calidad; otro, formado por empresas de gran producción que demandan tornos automáticos y semiautomáticos así como máquinas universales de mayor calidad y cantidad de prestaciones. Dentro del primer segmento... los trabajos a realizar inducen a demandar tornos universales de bajo precio y calidad, copia de modelos europeos de los años '40 —por ejemplo—, el torno conopolea o el Mass checoeslovaco que esta firma producía en los años '50. Por otro lado, las firmas del segundo grupo reclaman maquinaria de mayor calidad y productividad. En este sentido el torno paralelo Ursus representa un adelanto muy grande respecto a lo que la firma producía anteriormente"[193].

En relación a esta misma empresa, y a nuestro argumento previo referido a los determinantes del esfuerzo tecnológico en ingeniería de diseño, el estudio pone de manifiesto el hecho de que la copia del modelo Ursus data de 1958 —es decir es tres o cuatro años anterior al verdadero comienzo del "boom" automotriz en la Argentina, que puede ubicarse en el inicio de la década de los años '60— y está claramente asociado a la producción en una nueva planta fabril, a la incorporación de nuevo y mejor equipamiento (un nuevo torno copiador, una agujereadora radial, etc.) y, por sobre todo a la gestación de una oficina explícita de diseño de producto dentro del organigrama de la firma. Todo esto revela la presencia de un componente técnico autónomo, originado en el aprendizaje interno de planta, como determinante de la mejora en la ingeniería de diseño, amén de las señales emergentes del mercado, que en este caso también están presentes reclamando un producto de mayor complejidad y sofisticación para un nuevo tipo de demandante.

En este caso específico —y en varios otros al interior de la muestra de empresas estudiadas— los cambios en la morfología del mercado y el gradual incremento en el papel de la competencia de terceras empresas, sólo empieza a cumplir un papel de significación

[193] A. Castaño, J. Katz, F. Navajas, op. cit., 1981.

como inductor de la conducta innovativa al menos una década más tarde. En otros términos, y refiriéndose siempre al desarrollo inicial de la capacidad de ingeniería y al mayor esfuerzo relativo en diseño de producto que la misma parece haber involucrado, resalta la importancia del factor técnico autónomo —interno a la firma— y de las señales emitidas por la demanda, a la vez que también resulta revelador el escaso papel de la competencia como inductor de la conducta innovativa.

Pese a que la evidencia empírica disponible confirma el desarrollo más temprano de la ingeniería de diseño, también nos revela el alto grado de asociación que existe entre ésta y la ingeniería de producción. Ya desde primeros momentos se pone de manifiesto una relación que cobra mayor intensidad al cabo de algunos años, cuando el desarrollo del "clima competitivo" así lo justifica, y que es la que existe entre calidad del producto y equipamiento empleado para fabricarlo. Aún cuando la firma puede no tener durante sus años iniciales un departamento técnico específico dedicado a ingeniería de producción —departamento que en muchos casos vemos aparecer al crecer la escala de planta, diversificarse el "mix" de producción y hacerse más complejo el equipamiento— parece evidente que la mejora de calidad del producto originalmente ofrecido, o el lanzamiento de sucesivas "generaciones" mejoradas de dicho producto inicial, reclama la introducción de nuevas y mejores maquinarias, la aparición de nuevos subprocesos previamente no empleados (como por ejemplo la rectificación o el tratamiento térmico de partes y piezas). Dicha incorporación de equipos y actividades frecuentemente conlleva la necesidad de encarar problemas de diseño de planta, ingeniería de procesos, etc. que, aunque no necesariamente implican un departamento u oficina especialmente dedicado a ello, indefectiblemente reclaman horas del personal técnico y de ingeniería.

Hasta aquí lo relativo al diseño de nuevas "generaciones" del producto original y a la gradual mejora de calidad incorporada en el producto. También forma parte de la estrategia empresaria basada en un desarrollo temprano de la ingeniería de diseño de producto, la apertura y diversificación del "mix" de producción. Es obvio que ésta necesariamente demanda esfuerzos tecnológicos de diseño de producto al igual que lo hace la mejora de calidad o el lanzamiento de sucesivas "generaciones" del producto original, previamente mencionados. Sin embargo, y en lo que hace a los determinantes y consecuencias de la apertura y diversificación del "mix" de producción ofrecidos al mercado, parece conveniente volver a la evidencia empírica recogida en la medida en que ésta nos revela rasgos adicionales de interés.

En muchos casos la decisión de ampliar y diversificar el "mix" de producción parece haber estado asociada a: i) limitaciones en el tamaño en el mercado doméstico; ii) contracciones de la economía en su conjunto reflejadas en caída de demanda en los mercados específicos atendidos por la firma en cuestión; y, iii) la entrada de nuevos competidores al mercado.

En este sentido, el material obtenido revela que no es infrecuente la apertura de nuevas familias de productos[194] o el lanzamiento de versiones menos complejas de pro-

[194] J. Berlinski, "Innovaciones en Productos y Aprendizaje (El Caso de una Planta Argentina de Implementos Agrícolas)", *Monografía de Trabajo Nº 43*, Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, enero 1982.

ductos ya conocidos, en respuesta a caídas de la demanda o a índices de saturación del mercado relativamente altos[195], o a lanzamientos semejantes de la competencia.

De cualquier forma, y en lo que se refiere a las consecuencias de la diversificación, la ampliación del "mix" de producción necesariamente implica cambios en el plan de producción, un mayor número de paradas y de preparaciones de máquinas y, en general, una mayor incidencia de "tiempos muertos" improductivos. En otros términos, parece clara la existencia de una asociación estadística negativa entre grado de diversificación de la firma y aprovechamiento de las economías de escala.

Podemos ahora intentar resumir brevemente lo dicho hasta aquí en materia de determinantes, naturaleza y consecuencias del cambio tecnológico emergente en las primeras etapas de funcionamiento fabril de los establecimientos metalmecánicos productores de lotes chicos o de órdenes individuales. La evidencia disponible indica que la capacidad tecnológica doméstica tiende, en plantas fabriles examinadas, a desarrollarse tempranamente en el área de la ingeniería de diseño de productos. Dicha área involucra el diseño de nuevos productos, el aumento de calidad en los ya conocidos, y finalmente, la ampliación del "mix" ofrecido al mercado. También implica la gradual mejora en la organización de la función de diseño via implantación de planos por piezas, especificación de materiales, etc. Entre los determinantes de dicho desarrollo temprano de la capacidad doméstica de diseño aparecen variables inherentes al nivel técnico inicial, y aprendizaje tecnológico posterior del elenco profesional y técnico de la firma, como así también fuerzas emergentes del lado de la demanda y —en menor grado durante las etapas iniciales— del "clima competitivo" prevalente en el marco específico en que la firma actúa. En lo que a consecuencias de todo esto se refiere, sabemos, por un lado, que el lanzamiento de nuevos productos y la mejora de calidad tienden a estar asociados a la incorporación de nuevos equipos y subprocesos en la planta fabril, hecho que necesariamente induce a la realización de inversión física en planta y de ciertos esfuerzos en materia de ingeniería de procesos, concomitantemente con los de ingeniería de diseño de producto. También sabemos, finalmente, que todo esfuerzo en materia de ingeniería de diseño que termine ampliando el "mix" de producción —**ceteris paribus** el equipamiento disponible— probablemente ejercerá un efecto negativo sobre la eficiencia técnica de la planta, al aumentar las preparaciones de máquinas, las paradas y los "tiempos muertos" reduciendo así las economías de escala captadas por la firma.

El paso siguiente en el desarrollo de la capacidad tecnológica doméstica parece estar asociado al afianzamiento de la ingeniería de procesos. Dijimos anteriormente que formas primarias de ingeniería de procesos generalmente aparecen ya desde el comienzo de la actividad fabril aún cuando no exista un departamento formal encargado de ello. Sin embargo, lo que interesa aquí identificar es el conjunto de circunstancias que rodean la consolidación de dichas funciones y, nuevamente, la naturaleza y consecuencias del cambio tecnológico —o nueva información técnica— emergente de dicho departamento.

La creación de un departamento de ingeniería de proceso, y su consolidación dentro del organigrama de la firma, parecen por lo general estar asociados a un cambio de significación en la escala de operaciones de la empresa. Esto, a su vez, necesariamente

[195] M. Turkieh, "El cambio tecnológico en la industria venezolana de maquinaria agrícola. El caso de Rota Agro S.A. El caso de Tanapo S.A. El Caso de Nardi S.A.". *Monografía de Trabajo Nº 52*, op. cit., 1982.

implica un programa de equipamiento, el rediseño y modificación parcial o total del "lay-out" de planta, la incorporación de nuevas calificaciones dentro del personal obrero y técnico, etc.

Tanto el equipamiento inicial, como el establecimiento fabril cuasi artesanal de los primeros años, se convierten en factores limitativos del desarrollo potencial en muchos de los casos aquí examinados. La existencia de demanda excedente y la apertura, en algunos de nuestros estudios, de nuevos mercados asociados a la implantación de la industria automotriz, aseguran perspectivas optimistas de expansión, las que en no pocas oportunidades desencadenan un cambio de localización, el diseño o la compra de un nuevo establecimiento fabril y la toma de contacto con proveedores internacionales de equipos.

Los temas relativos al financiamiento de la expansión de planta con que se inicia la segunda "fase" de la secuencia aquí examinada, reclaman especial atención. Los distintos estudios de casos revelan que el acceso al crédito subsidiado otorgado por la banca oficial, la recepción de inversión privada externa, los créditos y acuerdos de "joint-venture" con proveedores internacionales de equipos, los recursos propios de origen familiar, etc. aparecen en esta etapa permitiendo la expansión de planta. La posibilidad o no de acceder a alguna de estas formas alternativas de financiamiento, las condiciones específicas del mismo, etc., sin duda inciden sobre la probabilidad de que alguna firma en particular aventaje a sus competidores inmediatos en el momento mismo de expansión del mercado[196] gestándose así rasgos morfológicos del mismo que tienen amplias repercusiones de allí en adelante para la estructuración de las fuerzas competitivas.

Son proverbiales de esta etapa, además del rápido crecimiento del volumen físico de producción, los siguientes hechos: i) el aumento de calidad del producto, fenómeno que se asocia a la incorporación de nuevos subprocesos (y los equipos necesarios para ello) tales como el tratamiento termico, la rectificación, etc.; ii) el aumento en el índice de integración vertical; iii) la incorporación de nuevas calificaciones en el personal operario y técnico, etc. Al respecto de dichos temas encontramos referencia explícita en algunos de los estudios de casos efectuados durante estos años. Con respecto a la planta de Zaccaria, escribe N. Nogueira Cruz (1981): "En 1943 mudan sus instalaciones a un predio propio y el proceso productivo que tenía características de taller comienza a transformarse en una fábrica que dispone de mayor cantidad de equipamiento y mejor organización del espacio. La productividad de la mano de obra y del conjunto de factores aumenta... Debido al bajo desarrollo de la infraestructura industrial la empresa busca empeñosamente aumentar su integración vertical. En 1944 establece su propia fundición y en 1945 crea su propia sección de trabajos de caucho"[197].

A su vez, A. Castaño et. al., op. cit. (1981) en el estudio de Turri S.A. afirman: "En primer lugar sobresalen las fuertes inversiones llevadas a cabo en la construcción de la nueva planta y en el equipamiento de la misma. Es interesante notar la forma en que se prepara la planta para producir los nuevos bienes y aumentar luego la escala de operaciones. Por un lado, el grueso de la inversión en maquinaria y equipo es destinada a la sección de mecanizado siguiendo un doble propósito: aumentar la capacidad de producción y mejorar la calidad del producto". Se explica algo más adelante en dicho trabajo

[196] A. Castaño, J. Katz, F. Navajas, op. cit., 1981.
[197] H. Nogueira da Cruz, op. cit., 1981.

que dentro del equipamiento incorporado en ese momento las máquinas más importantes son: i) una rectificadora, que permite cuatriplicar el número de tornos mensuales que la planta está en condiciones de fabricar, elevando al mismo tiempo la calidad de los engranajes, parte vital de los mismos; ii) una brochadora que sustituye la tarea de una mortajadora relativamente antigua que también constituía un claro "cuello de botella" en el equipamiento del viejo establecimiento; iii) un cepillo que permite mejorar sensiblemente la calidad de los equipos fabricados, especialmente en la preparación de la bancada de los tornos paralelos.

Sorprende también que, dentro del equipamiento incorporado en este momento, aparece un conjunto de sopletes especiales de fabricación propia que permite a la firma introducir el tratamiento térmico de la bancada varios años antes que sus competidores más cercanos, logrando un importante liderazgo de calidad en el mercado nacional.

En resumen: incrementar significativamente el volumen físico de producción y la calidad del producto fabricado, aparecen como objetivos centrales de los momentos iniciales de la segunda "fase" aquí descripta.

Pese a que, en función de dichos objetivos, el volumen físico de producción y la calidad del producto crecen significativamente en el inicio de esta segunda "fase", resalta el hecho de que por varios años la situación no parece reflejar un punto óptimo. Antes bien, la evidencia disponible revela que la "digestión" plena de este proceso expansivo lleva tiempo y esfuerzos tecnológicos domésticos tanto en materia de ingeniería de procesos como en materia de Métodos y Organización de la producción. Nuevamente el estudio de Turri S.A. resulta revelador en este sentido: "A nivel de subsecciones estaban ausentes todo tipo de métodos y tiempos de asignados al operario que no fueran los provistos por los capataces o supervisores sobre la base de su propia experiencia. Además era notoria la escasez de dispositivos, máscaras, y herramental en cada tarea de mecanizado y montaje, así como la falta de planos, rutinas a seguir, etc. A nivel del proceso en su conjunto las tareas de programación eran realizadas por el jefe de planta en forma muy sencilla. Esto se complicó cuando —al aumentar la escala de la firma— la planificación de compras y el seguimiento del producto superaron las posibilidades de lo que el jefe de planta podía realizar... (sin embargo) los técnicos en métodos y programación serán incorporados recién a partir de 1968". (Obsérvese que esto es casi una década más tarde del momento del equipamiento a que hace referencia la primera parte del párrafo anterior).

En otros términos: el aumento en la escala operativa y la mejora de calidad del producto fabricado, que están involucrados en la expansión del taller artesanal original, reclaman un programa intensivo en equipamiento, y la incorporación de nuevos "skills" y rutinas de ingeniería. El "paquete" global de tecnología de procesos y de ingeniería de organización y métodos que ello implica no está disponible ex-ante, ni puede ser obtenido sin que medie un esfuerzo tecnológico doméstico "hecho a medida". Una parte de dichos esfuerzos tecnológicos deben necesariamente provenir del departamento de ingeniería de planta en sí, el que tendrá a su cargo el diseño y construcción de dispositivos y herramental complementario a los equipos centrales asociados a la expansión de planta, idem para el instrumental de control de calidad, etc. Otra parte del esfuerzo tecnológico local deberá provenir del departamento de Organización y Métodos que —generalmente algo más adelante en la historia evolutiva del establecimiento "tipo" aquí examinado— habrá de ocuparse de tiempos y movimientos, sistemas de incentivos sobre tiem-

pos estándares, control de stocks y, más ampliamente, de la programación global de toda la operación productiva.

La evidencia empírica recogida describe esta segunda "fase" de la historia empresaria como básicamente asociada a la expansión de la planta fabril. La misma está lejos de ocurrir en base a un programa armónico. A raíz de ello genera toda clase de desbalances técnicos y de situaciones de desequilibrio. La tercera "fase" de la historia evolutiva cubre justamente el proceso de "digestión" de dicha expansión acelerada.

"Digerir" la expansión de planta puede llevar varios años y requerir ajustes de importancia en la dotación de factores y en toda la rutina operativa. El marco macroeconómico en el que opera cada firma en particular no resulta ajeno a la velocidad y naturaleza de dicho proceso de ajuste. En el contexto de una situación expansiva y con demanda excedente la "digestión" de un aumento significativo en la escala de planta —véase, entre los estudios de casos el de Aceros Chihuahua en el medio mexicano[198]— necesariamente debe resultar distinta de la que tiene lugar en un escenario recesivo. Ejemplos de este último tipo pueden verse en los casos argentinos de Turri S.A. o Gherardi, durante la contracción de 1966, o en los de las plantas venezolanas de maquinaria agrícola —Rota Agro y Nardi— cuando, en 1978, deben afrontar una marcada contracción de demanda tras haber finalizado sus respectivas expansiones fabriles[199, 200].

De cualquier manera, y más allá de la forma y duración del proceso de "digestión" de la expansión fabril, es importante observar que el mismo reclama un considerable monto de esfuerzos tecnológicos domésticos tanto en materia de ingeniería de procesos como en materia de ingeniería de organización y métodos. También es importante ver que, casi con seguridad, la empresa habrá de formularse una estrategia de abordaje de los distintos problemas técnicos que subyacen bajo su funcionamiento cotidiano y que dicho abordaje estará íntimamente relacionado, por un lado, con la dimensión, ritmo de incorporación y tipo de calificación de su personal técnico, y por otro, con la naturaleza de las actividades y subproductos que desarrolla, los equipos que emplea, etc.

Es nuestra impresión que dicha estrategia de abordaje va de lo simple a lo complejo, y desde las tareas "machine-paced" —o sea, aquéllas en las que existe información técnica indicativa del estándar teórico de operación de la máquina— hacia las tareas "labour paced" que son más difíciles de sistematizar. Asimismo la evidencia recogida sugiere que los problemas técnicos asociados al funcionamiento de las máquinas, y a la ingeniería de proceso en general tienden a encararse antes que los temas de organización y métodos. La gradual incorporación de nuevas especialidades y calificaciones dentro del personal técnico y de ingeniería de la firma, refleja la existencia de un proceso evolutivo del tipo del que aquí se postula.

La cuarta y última "fase" de la secuencia evolutiva examinada involucra el crecimiento y la consolidación de la ingeniería de organización y métodos. Ubicada ya en la escala de una planta de tamaño "intermedio" y "digerida" la rápida incorporación de factores resultan difíciles de prever nuevas expansiones dramáticas de la planta fabril.

[198] A. Mercado, "El cambio tecnológico en tres plantas metalmecánicas mexicanas", (Caso "C"), *Monografía de Trabajo Nº 61,* Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, octubre 1982.

[199] A. Castaño, J. Katz, F. Navajas, op. cit., 1982. J. Berlinski, op. cit., 1982.

[200] M. Turkieh, op. cit., 1982.

Ello no descarta la incorporación de nuevos equipos, en especial en la medida en que los mismos impliquen un mayor grado de automatización en subprocesos específicos —soldadura, bobinado de motores, etc.— o la introducción de "centros de mecanizado", que permiten reunir varios subprocesos en una sola máquina, elevando el grado de automatización del conjunto fabril. Sin embargo, pensamos que el rasgo central que caracteriza a esta "etapa" tecnológica es el de la gradual expansión de los esfuerzos técnicos destinados a racionalizar y optimizar el funcionamiento de la firma como un todo. Los estudios de "familias de piezas", la reorganización del "lay-out" de fábrica por "grupos tecnológicos", los estudios de métodos por secciones, comenzando por aquellas "machine-paced" y moviéndose posteriormente a las secciones de montaje, que son mucho más "labour-paced" que las de mecanizado, los programas de estandarización y normalización de partes y componentes, los estudios de optimización de stocks, el desarrollo de subcontratos, etc., constituyen el "output" de nuevos conocimientos de ingeniería "producidos" por el departamento de Organización y Métodos a lo largo de esta etapa.

En cierta forma dicho flujo de conocimientos técnicos es de naturaleza "desincorporada", pero dado que, con frecuencia, su puesta en práctica reclama simultáneamente el uso de nuevos y mejores equipos y/o rediseño del producto, resulta poco menos que imposible separar la parte "incorporada" de la "desincorporada" dentro del progreso tecnológico global alcanzado por la empresa.

Hasta aquí hemos examinado la naturaleza y características del cambio tecnológico —es decir, de todas aquellas modificaciones del "paquete" inicial de información técnica— introducido a lo largo del tiempo por las firmas metalmecánicas de organización productiva discontinua que integran nuestra muestra. En particular hemos prestado atención al carácter secuencial del mismo —ingeniería de producto primero, seguida luego por la ingeniería de proceso y, finalmente, por la ingeniería de Organización y Métodos— y al complejo conjunto de variables de índole estrictamente microeconómica que inciden sobre él. Hemos mostrado que el desarrollo de la capacidad de ingeniería al interior de los establecimientos estudiados puede verse como una sucesión de "etapas" en las que se va modificando tanto la dimensión como la composición del plantel de ingenieros y técnicos que dispone la firma, a medida que los requisitos de "digestión", primero, y de optimización después, de la expansión fabril, lo tornan necesario. Ello permite a la empresa funcionar en base a un "paquete" cada vez más sofisticado e idiosincrático de información técnica. Hemos indicado, también, que dicha sucesión de etapas reclama tiempo e involucra diversas formas de aprendizaje en distintas ramas de la ingeniería. Ello hace que el desarrollo de estas firmas no pueda ser visto como si se tratara de una situación de "equilibrio dinámico". Antes bien, lo característico es el error por exceso o por defecto, y la posterior corrección en función de un nuevo "input" tecnológico originado en las ingenierías de planta.

Nuestra descripción del proceso evolutivo se ha concentrado en lo que ocurre al interior de los establecimientos fabriles estudiados. En función de ello hemos prestado menos atención a otro proceso, también secuencial, colateral al examinado e íntimamente relacionado con el mismo. Nos referimos al procesos evolutivo que, concomitantemente, sigue el mercado, en su morfología, y en su "clima competitivo". Tal como veremos a continuación, el desarrollo de las ingenierías de planta no debe suponerse independiente de lo que ocurre en el plano del mercado.

4. La morfología del mercado como un fenómeno dinámico. Su relación con la capacidad tecnológica de la firma

Tanto la morfología del mercado como el "clima competitivo" imperante en una determinada rama de industria sufren modificaciones a través del tiempo. Dos grandes "escenarios tipo" pueden ser descriptos en base a la información recogida en los distintos estudios de casos que sirven de base al presente trabajo. El primero de ellos corresponde a aquellas situaciones en las que **inicialmente** prevaleciera un régimen de monopolio. La industria automotriz, o algunas de sus ramas subsidiarias son, en diversos países de la región latinoamericana, ejemplo de este tipo de conformación morfológica original del mercado[201].

En el punto de partida "la" industria consiste exclusivamente de un solo productor, el que opera protegido de la competencia externa ya sea por barreras arancelarias o por prohibición directa de importación. Existe demanda excedente en el mercado doméstico, siendo características las "colas" en lo que a plazos de entrega se refiere. Los años de la inmediata posguerra describen una situación de este tipo en distintos mercados metalmecánicos de Argentina y Brasil, en tanto que Perú y Venezuela muestran una evolución parecida recién en la década de los años '60 y '70.

Dadas esas condiciones iniciales no debe sorprender el hecho de que la firma opere durante varios años con rentas anormalmente altas, sin que consideraciones de costos y/o calidad figuren prominentemente dentro de sus preocupaciones inmediatas. Dejando de lado el momento de la "puesta en marcha" de planta, que puede haber requerido un monto significativo de esfuerzos de ingeniería destinados a resolver problemas de montaje, balanceo de "línea" en caso de producción continua, etc. parece razonable suponer que alcanzar un adecuado nivel de utilización de la capacidad instalada debería constituir en estos casos, un objetivo prioritario para la empresa.

Tal como lo sugieren los modelos convencionales de la teoría económica, la existencia de rentas monopólicas hubo de inducir el ingreso de nuevos productores al mercado. Dichas rentas también pudieron haber inducido a una rápida expansión de la capacidad instalada de la firma original. En uno y otro caso tanto la morfología del mercado como el "clima competitivo" prevalente en la rama habrán de seguir caminos distintos. Ello tendrá consecuencias para la conducta tecnológica de las firmas que componen el sector. En caso de que se concretara el ingreso de nuevos productores resulta obvio que la participación de mercado del monopolista original está llamada a disminuir. El "clima competitivo" puede o no reflejar dicho ingreso de nuevos productores. Si la protección externa sigue siendo alta y el mercado doméstico permite la presencia de la firma original y de las nuevas empresas bien puede plantearse una división de mercados sin que efectivamente tome forma una lucha competitiva que llegue a manifestarse en precios, calidad, etc. En caso contrario, la presión competitiva puede inducir tanto a esfuerzos de diferenciación de productos, a una mayor apertura del "mix" ofrecido al mercado, a un

[201] Es interesante observar las diferencias que en este sentido median respecto a la conformación morfológica del mercado en países desarrollados. En los albores del siglo cuando nace la industria automotriz norteamericana la rama registra más de 200 establecimientos. Esto refirma aún más nuestra concepción general de que el modelo de expansión industrial observable en América Latina tiene diferencias muy profundas con la industrialización de los países europeos, o con el caso norteamericano.

aumento de calidad, incluida una reducción de la "edad" o "generación" tecnológica de los diseños localmente fabricados. Ambas cosas pueden darse con diferencias temporales. El primer escenario —baja presión competitiva— puede ser característico de los primeros años, mientras que el segundo escenario puede tomar forma años más tarde tras el afianzamiento corporativo de cada firma.

El crecimiento de las ingenierías de planta —y la incorporación de nuevas calificaciones dentro del elenco profesional y técnico— sin duda habrá de reflejar la situación del mercado. Allí donde la calidad del producto, el "mix" de producción o la "edad" o "generación tecnológica" del producto ofrecido, jueguen un papel más importante que la baja del precio, es de esperar que se registre un temprano desarrollo de la ingeniería de diseño, tal como el mismo ha sido descripto en páginas previas. En cambio, en aquellos casos en que la elasticidad de demanda al precio resulte mayor, y donde la calidad o la "edad" del producto no jueguen un papel tan fundamental —como por ejemplo en máquinas herramienta simples de tipo universal— existen razones para esperar un mayor esfuerzo relativo en el área de la ingeniería de procesos, destinado a reducir costos de producción y precios.

El escenario sería algo distinto —tanto en materia de morfología del mercado como en lo que hace a conducta tecnológica— en caso de que la demanda excedente original indujera la expansión de la única planta existente al comenzar el análisis acentuándose así la situación de monopolio. En este caso resulta menos factible esperar la realización de esfuerzos tecnológicos de diseño destinados a diferenciar el producto, ampliar el "mix" o fabricar "generaciones" más "nuevas" del diseño original. La ingeniería de procesos, y, posteriormente, la de organización y métodos, podrían recibir una mayor atención relativa en función de captar economías de escala subyacentes bajo el proceso productivo, o de permitir una mayor utilización de planta cuando la subutilización del equipo obedece a problemas técnicos, a desbalances inter-seccionales, etc.

Tal como dijéramos previamente son varias las ramas de la industria metalmecánica latinoamericana que comenzaran funcionando en condiciones de monopolio para transformarse posteriormente, y en forma gradual, en situaciones de oligopolio diferenciado. La evidencia empírica disponible sugiere que transiciones de esta índole pueden cubrir la historia de una determinado mercado durante diez (o más) años, período a lo largo del cual tanto la morfología del mismo como el "clima competitivo" prevalente en su interior va sufriendo sucesivas transformaciones. La magnitud y naturaleza de los esfuerzos tecnológicos encarados por las firmas y, consecuentemente, el desarrollo de los departamentos de ingeniería y el patrón de utilización de recursos humanos calificados, habrán de estar estrechamente asociados a los rasgos del mercado previamente mencionados. Estos, a su vez, irán cambiando en función, entre otras cosas, de los esfuerzos tecnológicos encarados por las distintas empresas. Emerge así, un proceso de determinación simultánea entre conducta tecnológica y morfología y competitividad del mercado[202].

La segunda de las situaciones "tipo" observadas en el curso de nuestros estudios de campo describe una situación inicial caracterizada por la presencia de diversos productores pequeños e indiferenciados. La fabricación de maquinaria agrícola, o de distintos tipos de máquinas herramienta, se acerca bastante a esta tipología.

[202] Véase, contemporáneamente, los esfuerzos teóricos de J. Stiglitz y P. Dasgupta por formalizar el grado de concentración prevalente en el mercado como un fenómeno endógeno. Por ejemplo véase "Market structure and the nature of innovative activity", mimeo, 1977.

El hecho de que se observe la existencia de diversos productores pequeños e indiferenciados no es evidencia suficiente como para suponer la presencia de elementos competitivos en el seno del mercado. Tanto en la fabricación de maquinaria agrícola como en el campo de las máquinas herramienta, nuestras investigaciones han puesto de manifiesto la presencia de un cierto monto de "protección natural" proveniente de la localización geográfica, de la adaptación tecnológica de los diseños ofrecidos al mercado, etc. Dicha fragmentación de la oferta, y la falta de elementos competitivos, constituyen rasgos iniciales del mercado, anteriores al proceso de expansión fabril de cualquiera de las firmas integrantes del mismo. En otros términos, y dado que hemos descripto la historia evolutiva del "establecimiento tipo" como compuesta por cuatro "etapas" o "fases" sucesivas, la segunda de las cuales involucra la rápida expansión de la planta fabril, corresponde aquí indicar que en el estadio inicial del mercado —en el que prevalece la fragmentación de la oferta y la falta de presión competitiva— estamos en un "momento" en el que todos los establecimientos deben ser imaginados como transitando la primera "fase" o "etapa" de su secuencia evolutiva.

Factores exógenos al mercado —la asociación con un inversor extranjero, el crédito subsidiado de la banca oficial, un éxito innovativo, generalmente en el área del diseño de producto, o algún otro fenómeno de naturaleza igualmente aleatoria— parecen haber incidido en el hecho de que, en algún punto de la historia, uno de los varios productores indiferenciados adquiera cierta preponderancia sobre el conjunto de establecimientos que integran la rama, penetrando a partir de allí, en la segunda "fase" de su historia evolutiva, a través de la rápida expansión de su planta fabril.

Tal como hemos visto anteriormente, la expansión de esa planta fabril involucra tanto el aumento en el volumen físico de producción como la mejora de calidad, este último a raíz de la incorporación de nuevos y mejores equipos de capital. En función de ello, por un lado, la morfología inicial del mercado está llamada a cambiar aumentando la participación relativa de aquel productor —antes pequeño e indiferenciado— que encare adelantadamente su expansión fabril. Por otro lado, y simultáneamente, la mayor calidad que hace viable el nuevo equipamiento consolidará la posición de liderazgo que dicho productor estará en condiciones de establecer. Este cambio en la morfología del mercado no necesariamente debe traer aparejado —en forma inmediata, al menos— un aumento en la presión competitiva imperante en la industria. Por un lado, si el mercado funcionaba con demanda excedente o si, concomitantemente con la expansión de la oferta, se está produciendo un rápido aumento de la demanda —como ha sido el caso en muchas de las industrias metalmecánicas asociadas a la implantación del sector automotriz en países como Argentina, Brasil, México, etc.— la expansión fabril mencionada puede ser absórbida sin que dicho aumento de oferta deba necesariamente desplazar a productores ya establecidos. Por otro lado, dada la mejora de calidad alcanzada conjuntamente con la expansión de planta, resulta factible suponer que la empresa líder habrá de cubrir los tramos más sofisticados de la demanda dejando el resto de la misma para el conjunto de firmas pequeñas e indiferenciadas. En uno u otro caso, sin embargo, la presión competitiva está llamada a crecer al cabo de algunos años, siendo ello así por varias causas distintas. Primero, porque no resulta improbable que otros productores intenten su propia expansión fabril atraídos por la presencia de demanda excedente o de rentas diferenciales en los submercados más sofisticados. Segundo, porque en las fases recesivas del ciclo el productor líder probablemente enfrentará la caída de demanda en su propio submercado

invadiendo los de las empresas menores, aún a costa de bajar la calidad o modificar el "mix" de producción ofrecido, como puede verse en el estudio sobre maquinaria agrícola efectuado en Argentina[203]. Tercero, por la gradual difusión de información técnica al interior de la rama, que paulatinamente erosionará las ventajas tecnológicas de la empresa líder. En particular aquéllas que no requieren de nuevos equipamientos masivos habrán de difundirse en pocos años al conjunto de empresas que componen la industria.

Por todas y cada una de estas razones —ingreso de nuevos productores o expansión de los existentes por vía de la apertura del "mix" de producción, caídas de la demanda global en la fase recesiva del ciclo, gradual difusión de información técnica al interior de la rama, etc.— resulta razonable esperar que la presión competitiva aumente a través del tiempo. Así pues, por un lado, la morfología del mercado está llamada a cambiar al producirse la expansión de planta del productor más aventajado y, por otro, el "clima competitivo" prevalente en la industria también lo hará en función de las variables previamente mencionadas. A raíz de todo lo anterior, la situación inicial caracterizada por la presencia de diversos productores pequeños e indiferenciados, poco confrontados a presiones competitivas regulares y sistemáticas, acaba en el correr del tiempo transformándose en una situación de oligopolio diferenciado, parecido en varios sentidos al caso previamente examinado.

También al igual que en el caso anterior debemos aquí prever una clara asociación entre conducta tecnológica empresaria, morfología y competitividad del mercado. Tanto el ritmo de desarrollo de las ingenierías de planta —incluido aquí el ritmo de desarrollo y la naturaleza de las nuevas actividades técnicas y calificaciones profesionales incorporadas por la firma— como la importancia relativa dada a los esfuerzos de ingeniería asociados a la calidad del producto o al grado de apertura del "mix" de producción vis a vis aquellos otros dedicados a la búsqueda de reducciones de costos (y precios), se verán afectados por, y a su vez afectarán, a la morfología del mercado y el grado de competitividad prevalente en el mismo.

Resalta así el carácter endógeno de la conformación morfológica del mercado y del grado y tipo de competitividad prevalente en el mismo. Al igual que el proceso secuencial de aprendizaje factible de ser detectado al interior de una planta fabril dada, la morfología del mercado exhibe un proceso concomitante de conformación evolutiva. Ambos hechos no pueden ser vistos como fenómenos independientes sino altamente relacionados el uno con el otro en un sentido dialéctico que acaba uniendo a lo estrictamente microeconómico con los hechos de carácter sectorial y macrosocial.

Antes de cerrar el presente capítulo parece conveniente efectuar una referencia cruzada a un conjunto de trabajos recientes de tipo microeconómico llevados a cabo por W. Abernathy y J. Utterbach en EE.UU. Dichos autores describen la existencia de una "secuencia innovativa" en muchos sentidos similar a la aquí examinada. La misma se inicia en la ingeniería de diseño de productos para acabar, varios años más tarde, en la ingeniería de procesos, ya cuando estamos en presencia de lo que ellos denominan un producto "maduro"[204].

[203] J. Berlinski, op. cit., 1982.

[204] Véase W. Abernathy y J. Utterback, "A Dynamic Model of Process and Producto Innovation", *Omega*, op. cit. (1975); "Innovation and the Evolving Structure of the Firm", Harvard Business School, *Working Paper 75* (junio 1975); "Production Process Structure and Technological Change", *Decision Science*, Vol. 7 (1976). Este último trabajo pertenece al primero de los autores citados.

Dada la similitud del planteo efectuado por estos autores con el "modelo" discutido en páginas previas permítasenos resumir brevemente el argumento de evolución secuencial por ellos presentado. La idea central es que la unidad productiva –la planta fabril– sigue en el tiempo un "patrón" evolutivo que involucra: a) aumentos en la intensidad de uso del capital; b) mejoras permanentes en la productividad del trabajo debidas a una mayor división y especialización del plantel operario; c) racionalización del flujo de materiales en proceso tendiendo a la creación de una "línea" (tecnología continua); d) estandarización del producto (se produce sólo uno o dos productos estandarizados); e) aumento en la escala operativa, la cual tiende a adquirir gran tamaño. Dentro de este patrón evolutivo innovación en producto y proceso tienen su propia secuencia, ambas interrelacionadas. La innovación en producto se inicia en los orígenes del producto en cuestión, cuando la firma intenta maximizar la performance del producto fabricado, originando esto una alta tasa de innovación en este campo. La segunda fase es la de un producto reconocido por el mercado en donde las ventas crecen y se diversifica la línea de productos (pero con uno o dos modelos que se venden más). Por último, la última fase es la de un producto "maduro" que se halla altamente estandarizado, por lo tanto el ritmo de innovaciones de producto es bajo[205]. Por el lado del proceso la secuencia se inicia con una estructura flexible e ineficiente, apoyada en equipamiento universal, "lay-out" en forma de taller (jobshops) y mano de obra calificada, en donde el ritmo de innovaciones de proceso es bajo. La segunda etapa, que coincide con el aumento de la escala en uno o dos modelos dominantes, significa el paso a un proceso ordenado en "línea"; en el mismo la innovación en proceso –internamente generada por planteles ingenieriles formales– crece y pasa a dominar a la innovación en producto. En la última etapa, el proceso conforma un "sistema integrado" con alta interconexión entre sus subetapas, equipamiento específico, etc. en busca de minimizar costos; aquí, la introducción de cambios se hace más difícil y por lo tanto la tasa de innovación en proceso vuelve a caer.

La siguiente figura resume la secuencia seguida por las innovaciones en producto y proceso[206] en el "modelo" de Utterback y Abernathy.

Al comienzo de la secuencia –temprano en el ciclo del producto– existe una alta tasa de innovación en producto estimulada por necesidades del mercado (región 1 de la figura). Al aumentar las ventas, aparecen estímulos por maximizar el volumen de producción que provocan un flujo creciente de innovaciones en proceso (región 2). A medida que avanzamos en el ciclo del producto las innovaciones en el mismo caen, mientras que el área de proceso registra una alta tasa de innovaciones que están en manos de planteles formales de ingeniería (región 3. Por último, en la etapa en que los costos dominan los objetivos de la planta, producto y proceso cambian moderadamente.

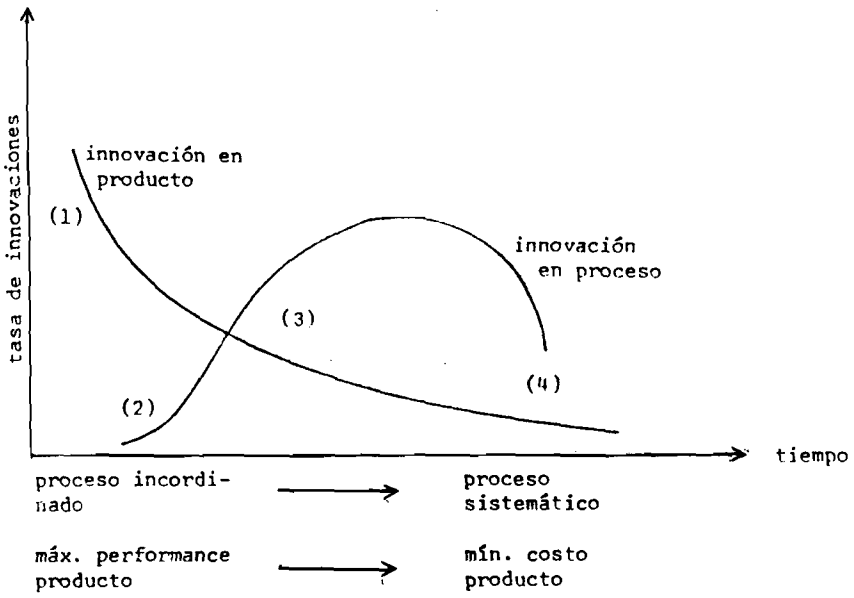
Los determinantes de los cambios que conforman el patrón evolutivo presentado puede ser –para los autores– de origen interno o externo a la firma, pero en especial dentro de los segundos (externos) se destaca el papel de las fuerzas del mercado. En este sentido, la relación entre el "ambiente competitivo" que enfrenta la firma y los objeti-

[205] La secuencia de desarrollo del área del producto está inspirada en el denominado ciclo del producto. Véase R. Vernon, "International Investment and International Trade in the Product Cycle", *Quarterly Journal of Economics*, mayo 1966.

[206] Tomada de W. Abernathy y J. Utterback, *Omega* (1975), citado antes.

GRAFICO III.1

Innovación y etapas de desarrollo



(1) Región estimulada por necesidades.
(2) Región estimulada por tasa de producción.
(3) Región estimulada por tecnología.
(4) Región estimulada por costos.
Fuente: J. Utterback y W. Abernathy, *Omega,* op. cit., (1975), pp. 645.

vos que se hallan implícitos en el patrón innovativo seguido, ocupa un primer lugar en importancia. De este modo la primera etapa se desenvuelve en el marco de una competencia de productos donde la firma intenta maximizar la performance de un producto "nuevo" ateniéndose a las necesidades del usuario; mientras que la última etapa se asocia a una industria de gran escala, con estructura oligopólica y donde predomina la competencia de precios —de allí la estrategia de minimizar costos—. En la etapa intermedia el objetivo es el de maximizar ventas, cuando el producto empieza a ser cada vez más reconocido y adquirido por los usuarios.

En resumen, el modelo permite estudiar la interrelación entre innovación en producto y en procesos dentro de un marco conceptual amplio —que integra aspectos de teoría económica, ingeniería y teoría de la organización— en el cual dos tipos de relaciones previamente encontradas en otros trabajos tratan de ser integradas y explotadas en forma coherente: i) la relación entre "ambiente competitivo" y estrategia de la firma en materia de innovación y ii) la relación entre el desarrollo de las características del proceso productivo y el tipo de actividad innovativa que la firma acomete. La herencia de

las ideas originales de N. Rosenberg con sus "Trayectorias naturales" resulta también aquí notoria.

En ambos aspectos encontramos que, a pesar de que los estudios de Utterback y Abernathy están referidos a firmas norteamericanas —las que con relación a las examinadas por nosotros en el marco latinoamericano tienen las características de ser de mucho mayor tamaño y de operar en la frontera tecnológica universal— las "secuencias madurativas" por ellos encontradas y el juego de interacción dinámica entre éstas y la morfología del mercado, revisten un alto grado de similitud con las puestas de manifiesto en nuestra propia investigación.

Cerramos aquí el presente capítulo de naturaleza analítica. El proceso madurativo aquí descripto, que abarca prácticamente toda la etapa de la industrialización sustitutiva de importaciones hasta mediados de los años '70, fue dramáticamente interrumpido por la apertura externa de la economía que gran parte de los países latinoamericanos intentaron llevar a cabo bajo los auspicios del modelo monetarista a partir de la segunda mitad de los años 1970. Muchas de las relaciones estructurales aquí descriptas han sido significativamente alteradas, al punto de que el tema reclama un análisis sectorial pormenorizado. El próximo capítulo —cuarto de este libro— se ocupa con detalles de este tema.

CAPITULO IV

LA CRISIS DE LOS AÑOS 1980: CONTRACCION DEL MERCADO INTERNO Y EXPANSION DE LA FRONTERA TECNOLOGICA UNIVERSAL

Angel Castaño y Jorge Katz

1. Introducción

A lo largo de los tres capítulos anteriores hemos examinado diversos rasgos del proceso de maduración técnico económica de largo plazo de una muestra de establecimientos metalmecánicos activos en seis países latinoamericanos. Pese a que dicha muestra no tiene representatividad en un sentido estadístico, la misma ha permitido construir un marco teórico útil para comprender cómo, en respuesta a diversas fuerzas —algunas endógenas a las firmas estudiadas y otras exógenas a éstas y provenientes del medio socioeconómico en que cada una de las empresas opera— fue paulatinamente aumentando a través del tiempo la capacidad tecnológica propia de dichos establecimientos fabriles. Ello ocurrió de manera "secuencial" y "evolutiva".

Hemos podido ver, también, por qué el modelo neoclásico convencional que supone el libre acceso al conocimiento tecnológico constituye una descripción excesivamente simplificada de qué es lo que ocurre al interior de una planta industrial dada y cómo distintas empresas —familiares vis a vis subsidiarias de grupos multinacionales, organizadas en "línea" vis a vis aquellas otras organizadas como una sucesión de "talleres", etc.— exhiben diferentes procesos de maduración tecnológica a través del tiempo. La teoría recibida escasamente ha iluminado estos temas hasta el presente.

En su diseño de 1978 la presente investigación concluía aquí, tras un primer intento de teorización —expuesto en nuestro capítulo anterior— en torno al crecimiento "secuencial" y "evolutivo" de la capacidad tecnológico interna, y luego de una breve incursión en temas de política tecnológica.

Sin embargo, la dinámica de los hechos tecnológicos, por un lado, y por el otro la crisis económica general, e industrial en particular, que caracteriza a la historia de la región en el último quinquenio, han conseguido hacer obsoletos nuestros resultados de investigación aún antes de que los mismos vieran la luz por medio de una publicación formal. En efecto, dos grandes conjuntos de fuerzas —escasamente perceptibles en aquel momento— han venido a alterar profundamente el proceso madurativo de largo plazo descripto en nuestro capítulo anterior.

Por una parte, la relativa estabilidad que caracterizara, al "estado del arte" metalmecánico por largos años, comienza a ser francamente conmovida por el arribo del comando numérico, la robotización y otras manifestaciones semejantes asociadas a la automatización flexible.

Hemos entrado en una etapa caracterizada por cambios de gran trascendencia en los diseños de productos metalmecánicos, en los procesos productivos para fabricarlos

y en la organización de la producción y división social del trabajo prevalentes en estos mercados.

En otros terminos, en el último lustro la tecnología metalmecánica ha comenzado a experimentar cambios de gran significación sucediéndose las novedades tecnológicas a mayor velocidad que en épocas anteriores. Esto constituye una clara discontinuidad histórica respecto al pasado.

Por otro lado, y como consecuencia de un inédito nivel de endeudamiento externo producto de la apertura indiscriminada de sus economías, los mayores países de la región —Brasil, México, Argentina, Venezuela— han debido recurrir a políticas recesivas que liberan recursos a fin de afrontar sus compromisos internacionales. Esto sin duda ha resentido la inversión interna, tanto pública como privada, lo que aunado a la fuga del ahorro doméstico hacia centros financieros internacionales, ha provocado la más extensa y profunda contracción del mercado interno que registra la industria metalmecánica latinoamericana en toda su historia.

En función de ambos hechos —rápida expansión de la frontera tecnológica internacional y contracción hasta niveles inéditos del mercado doméstico— dos de los pilares básicos sobre los que se apoyara el modelo "evolutivo" de capítulos anteriores, simplemente han dejado de funcionar como históricamente lo hicieran, dando paso a un rápido ensanchamiento de la "brecha tecnológica relativa" que separa a la industria metalmecánica de América Latina de su contraparte en el mundo desarrollado.

Frente a este nuevo escenario es obvio que esta exploración no podía abandonarse allí, simplemente reportando nuestros resultados de investigación de 1982. Son varias las preguntas que el último quinquenio ha formulado que sólo podían contestarse a partir de un nuevo trabajo de campo, por vía de una compulsa específica a nivel de establecimiento fabril. Entre dichas preguntas resaltan las siguientes:

- ¿Cuáles son las implicancias del proceso recesivo y de la caída del mercado interno para la capacidad tecnológica doméstica hasta aquí acumulada?
- ¿En qué medida el "boom" tecnológico que vive la frontera tecnológica mundial: a) es seguido por las firmas locales y, b) torna obsoleto el "capital tecnológico" acumulado por éstas por vía del proceso "secuencial" y evolutivo" hasta aquí descripto?
- ¿Hasta qué punto se observan fenómenos involutivos en la capacidad tecnológica local, producto esto tanto de la discontinuidad en el esfuerzo tecnológico de las empresas como también de cambios estructurales en la organización de la producción y en la división social del trabajo?
- ¿Qué firmas —y a través de qué estrategias— han confrontado mejor la crisis de los últimos años?, etcétera.

Estas y otras preguntas asociadas serán aquí examinadas de manera preliminar buscando arrojar luz sobre el impacto que las nuevas circunstancias domésticas e internacionales está ejerciendo sobre la capacidad tecnológica doméstica en el campo metalmecánico latinoamericano[207].

[207] Es obvio que dichas nuevas circunstancias están afectando otros muchos aspectos de la conducta empresaria amén del accionar tecnológico en sí. Ejemplo de ello, es la mayor propensión a ope-

Una encuesta reciente en el sector de máquinas herramienta de Argentina[208] y algunos resultados preliminares de un estudio en marcha en la misma rama industrial en Brasil[209] habrán de servir de base para el examen de estas preguntas.

El material y las reflexiones que siguen son de naturaleza preliminar y deben ser vistos como una primera aproximación a un tema que prácticamente no ha recibido atención hasta el presente como es el del impacto que los nuevos hechos domésticos e internacionales —contracción del mercado interno y expansión de la frontera tecnológica universal— ejercen sobre la capacidad tecnológica de las firmas metalmecánicas latinoamericanas. Tal como tendremos oportunidad de ver el ajuste de cada firma involucra más variables que el precio y la cantidad producida —que son las tradicionalmente miradas por el analista económico preocupado por el ajuste cíclico. En realidad dicho ajuste llega a comprometer todo el programa de organización de la producción de la firma, sus relaciones de subcontratación, etc. conformando ello un escenario mucho más complejo que el que registran los modelos convencionales de la firma.

El análisis se inicia por una breve referencia sectorial para continuar posteriormente con el examen de información muestral captada a nivel de establecimientos fabriles argentinos en 1983.

2. El quinquenio 1979/84: crisis y transformación de la industria metalmecánica

2.1. El escenario sectorial

La contracción económica que registra la industria metalmecánica latinoamericana a lo largo del último quinquenio —1979/84— es, sin lugar a dudas la más larga y profunda de su historia. Tomemos como ejemplo los casos de Argentina y Brasil. En el primero de estos países el producto bruto industrial cayó entre 1974 y 1983 un 19 % aproximadamente, en tanto que la División CIIU 38 (Industrias metálicas, maquinaria y equipos) y la agrupación 382 de la misma clasificación (maquinaria, exceptuando la eléctrica) muestran en el mismo lapso caídas del 26 y 30 % respectivamente. Mientras que en 1974 un tercio, aproximadamente, de la inversión anual en maquinarias y equipos era de origen importado, dicho índice crece a prácticamente dos tercios en 1980 y 1981.

---

rar en el campo financiero —arbitrando entre monedas o títulos u otras actividades semejantes. En el curso de este capítulo sólo habremos de explorar con detalle lo relativo a la conducta tecnológica de la firma y al impacto de los cambios recientes sobre la capacidad tecnológica interna de la misma.

[208] La encuesta fue realizada en la segunda mitad del año 83 y contó con el apoyo de la Cámara de Fabricantes de Máquinas Herramienta de la República Argentina, el que aquí se agradece, lo mismo que la colaboración desinteresada de varios de sus socios. La encuesta fue financiada con recursos del programa CEPAL/IDRC "Cambio tecnológico en la industria metalmecánica de América Latina". El mismo ha sido efectuado en la oficina de la CEPAL en Buenos Aires.

[209] El estudio brasileño constituye parte de una tesis doctoral en preparación para la Universidad de Sussex, Inglaterra. Su autor, M. Porteous, ha tenido la gentileza de permitirnos leer una versión preliminar de uno de sus capítulos, lo que aquí agradecemos. Al leer dicho estudio comprobamos que el "nivel tecnológico" alcanzado por la firma con anterioridad a la crisis cumple en el trabajo de Porteous un papel sumamente parecido al que desempeña en nuestro propio caso, lo que nos ha inducido a efectuar una breve comparación con sus resultados. Véase: M. Porteous, "Recessao e mudança tecnológica no setor de máquinas ferramentas do Brasil", mimeo, 1984.

El sector de máquinas herramientas de la Argentina registra con gran dramatismo esta contracción. En 1973 este alcanza una producción máxima con 22.500 unidades, en tanto que en 1982 sólo se fabrican 2.516 máquinas. A la inversa, la importación que no llega a 1.000 máquinas en 1973 exhibe una cifra pico de casi 18.000 unidades en 1981. Como contrapartida de todo esto, el coeficiente de autoabastecimiento pasa del 95 % en 1975 a sólo 14,3 % en 1981.

La situación brasileña, pese a ser marginalmente mejor, no es muy diferente. En tanto que la industria de bienes de capital registra en 1981/82 una caída de 15 % respecto del año inmediatamente anterior, la rama de máquinas herramienta muestra en 1982 y 1983 una producción que sólo llega a ser 23,8 % y 31,8 % resectivamente, de la lograda en 1980. Para un índice de 100 en 1972, el valor de ventas totales de máquinas herramienta en 1982 era de 280 después de haber llegado a cifras récord de 628 en 1978 y 1979 respectivamente. La caída fue tan espectacular como el auge. Tras haber producido 60.000 máquinas herramienta en 1977 y 73.000 en 1979, la cifra de 1982 sólo alcanza a 15.000 unidades.

Volviendo ahora al caso argentino, pero esta vez en el marco de la muestra empresarial examinada por nosotros en el campo de las máquinas herramienta, observamos que en 1983 la caída del volumen físico de producción respecto a 1975 es del orden del 70 %. Considerando que las respuestas obtenidas representan mejor el tramo de empresas medianas y grandes del sector —recordemos que el Registro Industrial de la Nación indica que en 1982 existían 218 establecimientos productores de máquinas herramienta— el resultado no hace más que confirmar la regla general mostrando, al mismo tiempo, que la crisis golpeó aún más fuerte en los tramos más pequeños de la distribución de tamaños que exhibe el sector.

En lo que a dotación de personal se refiere, la misma encuesta pone en evidencia la reducción de la nómina global en casi un 60 % respecto a 1975. La caída es algo menor —35/40 %— en el rubro de personal mensualizado, el que incluye a profesionales y técnicos. La razón de ser de este resultado será examinada con detalle algo más adelante en este capítulo.

Respecto a equipamiento y continuando dentro del marco muestral, vemos que entre 1977 y 1982 se produce una importante incorporación de máquinas al parque por entonces disponible. Sin embargo varios aspectos de este incremento en el equipamiento del sector deben ser tenidos en cuenta si hemos de comprender adecuadamente lo ocurrido. Por un lado, el mismo toma forma, en su mayor parte, en equipos de tipo convencional. Sólo encontramos unas pocas máquinas de comando numérico, en su gran mayoría tornos, unas pocas alesadoras también con CN y un solo centro de mecanizado. Por otra parte, este equipamiento solo alcanza a recibir un uso muy parcial, quasi esporádico. Esto habla de la dificultad de amortizar dichos equipos en un lapso "normal" de tiempo y, además, de la posibilidad de una temprana obsolescencia tecnológica para los mismos.

Finalmente, se destaca en el flujo de incorporaciones de dicho período, una baja proporción de máquinas de alto nivel de automatización que a nivel mundial son ampliamente aprovechadas merced a rigurosos programas de especialización por planta. Esto permite que en otros países se encare la fabricación de lotes económicos que garantizan un alto grado de utilización del capital y su consiguiente amortización en lapsos compatibles con el ritmo general de cambio tecnológico que exhibe el sector. Obviamente esto

no ocurre en el medio local, lo cual habla de una creciente brecha tecnológica en detrimento de nuestra posición competitiva internacional.

Las cifras antes proporcionadas revelan que la productividad laboral también ha caído, al menos en el plano agregado y a nivel del sectorial. El indicador físico de máquinas o kilogramos/horas totales trabajadas no revela, sin embargo, el verdadero contenido dinámico de lo ocurrido. Al menos dos hechos adicionales deben ser tenidos en cuenta para captar los rasgos dinámicos del proceso. Por un lado, la pérdida de personal altamente calificado, que requiere tiempo e inversión para su formación, sugiere que, el problema es más complejo que el de una contracción cíclica en la que se mantiene constante el nivel de calificación de los recursos humanos empleados por la firma. En el caso de ciertos oficios, como ajustadores, operadores de máquinas universales acostumbrados al grado de precisión requerida por el fabricante de máquinas herramienta, etc., la pérdida de personal calificado es sumamente seria pues fuerza al reentrenamiento de personal en la etapa de recuperación de la producción.

Por otro lado, la caída en el tamaño de lote trae otra consecuencia dinámica en los métodos de trabajo que conviene tener presente. Los tiempos de producción vigentes en la firma con anterioridad a la crisis resultaban de un método de trabajo que incluía el aporte de inversiones en máscaras, dispositivos, máquinas, etc., que reducían los tiempos de preparación vis a vis los tiempos de transformación. Dichas inversiones fueron realizadas en función de tamaños de lote "normales". Al involucionar o reducirse el tamaño de lote, dichos métodos indirectos pasan a ser anti-económicos y los tiempos unitarios se ven afectados; esto lleva a abandonar los métodos indirectos de producción y a una degradación de la organización del trabajo con el subsecuente incremento en el costo unitario de la producción.

Ambos efectos dinámicos revelan que la productividad laboral física puede constituir un indicador pobre de lo que está ocurriendo a nivel de planta en materia de eficiencia global y organización del trabajo. Una adecuada comprensión de los hechos requiere examinar aspectos de organización y división social del trabajo, que pasamos a estudiar en el marco de nuestro estudio de campo.

2.2. La microeconomía del proceso de ajuste: distintas estrategias empresarias

Es obvio que indicadores agregados como los que presenta la sección anterior ocultan en su interior una amplia gama de situaciones diferenciales a nivel de firma. Las cifras agregadas disimulan el hecho de que coexisten al interior de una rama dada de industria distintas estrategias empresarias de ajuste y sobrevivencia, algunas más exitosas que otras. Se impone aquí el análisis económico a fin de identificar conductas alternativas y estudiar de qué manera ellas condicionan de aquí en más, tanto el sendero de crecimiento de cada firma, como la evolución de la rama en su conjunto.

Para llevar a cabo este análisis hemos recurrido a la realización de un estudio de campo en el marco de la industria de máquinas herramienta de la Argentina. Se diseñó y distribuyó entre fabricantes locales un formulario de encuesta[210] destinado a explorar

[210] El formulario de encuestas está a disposición del lector interesado, quien debe solicitarlo en las oficinas de la CEPAL en Buenos Aires.

la conducta productiva y tecnológica de cada firma, tanto de una década atrás como durante el período 1979/82. Número y tipo de máquinas anualmente fabricadas, personal ocupado por especialidad técnica, equipamiento por tipo específico de máquina, y momento de incorporación a la firma, producción para y por terceros, etc., fueron solicitados en cada caso.

Además, se requirió información referida al nivel tecnológico alcanzado por las distintas secciones de la empresa con anterioridad a la recesión y cómo dicho nivel tecnológico fue afectado por la contracción económica del último quinquenio.

Quince establecimientos contestaron completo el formulario mencionado, brindando detallada información acerca de su operatoria. Los mismos cubren el 40 % del valor de ventas de la industria en 1975 y una cifra marginalmente mayor en 1982. A su vez, estas firmas ocupaban 952 personas en 1975, en tanto que en 1982 ambos guarismos eran 418 personas.

Partiremos de la hipótesis de que el "nivel tecnológico" de la firma al momento de iniciarse la recesión económica condiciona los grados de libertad con que la misma cuenta en oportunidad de elegir una estrategia de ajuste y sobrevivencia.

A efectos de explotar dicha hipótesis comenzaremos definiendo el "nivel tecnológico" de la firma y explicando cómo lo hemos medido en el presente caso a partir del material empírico recogido. El "nivel tecnológico global" de una firma resulta del grado de desarrollo que alcanzan las diferentes tecnologías que coexisten en el seno de la empresa en un momento dado. Siguiendo los criterios clasificatorios utilizados en capítulos anteriores de este libro intentaremos evaluar el "nivel tecnológico parcial" de la firma en los siguientes planos:

a. Tecnología de diseño: que puede dividirse en:
   - a.1. Tecnología de producto: se refiere al grado de complejidad técnica del producto fabricado por la empresa como así también del plantel técnico y profesional dedicado a la tarea del diseño.
   - a.2. Tecnología de organización de diseño: se refiere al grado de complejidad de la estructura auxiliar a las actividades específicas de diseño tal como: planos (en sus diferentes niveles de conjunto, de subconjuntos, de piezas); normas de diseño escritas (propias, nacionales, internacionales); listados de componentes del producto, utilización de conceptos tales como el de "familias" ya sean funcionales, de forma, etc.

b. Tecnología de producción: que puede dividirse en:
   - b.1. Tecnología de proceso: se refiere al grado de complejidad del equipamiento destinado a producción, ya sean máquinas, dispositivos, herramientas, etc., como así también el grado de calificación del personal productivo.
   - b.2. Tecnología de organización de producción: se refiere al grado de complejidad de las estructuras de apoyo a las actividades de producción tales como: métodos y tiempos, ingeniería de procesos, programación de producción, control de calidad, etc.

El "nivel tecnológico" de una firma resulta así como un indicador compuesto en el

que pesan tanto el tipo de producto fabricado, como el nivel de calificación del personal que emplea, el equipamiento disponible y las estructuras organizativas de diseño y producción. En base a esto diríamos que el "nivel tecnológico" global es el vector resultante de la agregación de vectores tecnológicos parciales provenientes de las esferas de producto, organización de diseño, proceso productivo en sí y organización de la producción.

Ahora bien, podemos intuitivamente imaginar la existencia de un "continuum" de empresas donde en un extremo ubicaríamos a las firmas que en el comienzo de la recesión fabricaban un producto o "mix" de productos complejos, que además contaban con medios de producción de avanzada y con un plantel de operarios, técnicos y profesionales de alta calificación, y con una organización de la producción altamente especializada tanto de las funciones de diseño como de producción. En otras palabras, este sería el caso de una planta con un alto "nivel tecnológico" global, resultante de altos niveles tecnológicos parciales en diseño y producción. En el otro extremo del "continuum" encontraríamos el caso de firmas productoras de un producto o "mix" de productos pocos sofisticados, con medios de producción obsoletos, con un plantel humano de baja calificación y con ausencia de organización interna, o sea, con escaso "nivel tecnológico" global como resultado de contar con escasos niveles tecnológicos parciales en diseño y producción. Entre ambos extremos de este "continuum" podremos encontrar diferentes mezclas de niveles tecnológicos parciales en diseño y producción y, por ende, diferentes niveles tecnológicos globales.

La noción de un índice de "nivel tecnológico" global resultante de la suma ponderada de "niveles tecnológicos parciales" en diseño y producción permite explorar diferentes situaciones "cross-section" entre firmas productoras de un mismo bien, o entre subramas metalmecánicas productoras de diferentes tipos de equipos. En efecto, si consideramos constante la variable "nivel tecnológico de producción" podremos medir el nivel tecnológico de diseño en forma transversal ("cross section") entre subramas productoras de distintas máquinas. Veremos así que el nivel tecnológico de producto crecerá por ejemplo desde una agujereadora convencional de banco hacia un torno paralelo y éste será de menor nivel que una alesadora[211]. También la comparación puede hacerse dentro de una subrama. Tomando, por ejemplo, el caso de los tornos, el "nivel tecnológico" de producto crecerá desde un torno convencional de banco hasta un torno de control numérico.

Si consideramos en cambio constante el nivel tecnológico de diseño podremos observar los distintos niveles tecnológicos de producción, los que estarán dados en este caso por el tipo de producción (a pedido, contra stock o mezcla de ambas), tamaños de lotes, el tipo de equipamiento, las políticas de incorporación de mano de obra calificada, etc., que emplea la firma.

Presentado ya el concepto de "nivel tecnológico" global de la firma, conviene ahora observar que el mismo refleja una evaluación estática atribuible a un momento dado en el tiempo. Si lo que interesa es estudiar el proceso evolutivo de la firma a través

[211] Debemos aclarar que con el fin de permitirnos progresar en nuestra comprensión de las conductas empresarias hemos debido simplificar los alcances de los conceptos hasta aquí enunciados. No escapará al lector que pueden considerarse insuficientes ciertas generalizaciones: por ejemplo, cuando hablamos de nivel tecnológico de producto, dos productos del mismo tipo desde el punto de vista de complejidad (fresadora) pueden ser distintos desde el punto de vista de sofisticación. Esto se traduciría en que en una se utilizaron conceptos de diseño más avanzados, con precisiones superiores, potencias mayores, etc.

de los años, el "nivel tecnológico" de la misma deberá ser captado en varias etapas históricas, a efectos de realizar la comparación entre índices y poder así hablar de "secuencia madurativa" o de cambios "evolutivos" en el nivel tecnológico de la firma.

En resumen: el "nivel tecnológico" global de una empresa es la resultante de sus "niveles tecnológicos parciales" en diseño de productos y en producción. Se trata de un concepto estático que refleja un estadío o situación dada y no un proceso dinámico. La comparación de distintos "niveles tecnológicos" para una misma firma a través del tiempo nos permite hablar de "secuencias madurativas" de la misma localizando fehaciente el (o los plano (s) técnicos en que dicha evolución ha tenido lugar.

Ahora bien: la noción de un "continuum" de "niveles tecnólocos" al interior de una rama de industria resulta útil para comprender los grados de libertad y las posibilidades de ajuste que toda empresa tiene frente a la contracción del mercado, por un lado, y frente a la expansión de la frontera tecnológica universal por el otro. Recordemos que estos son los dos grandes temas ante los cuales el sector de máquinas herramienta ha debido reaccionar en el curso del último quinquenio.

Mostraremos aquí cómo la estrategia de ajuste empresario frente a estos dos hechos exógenos ha estado fuertemente condicionada por el "nivel tecnológico" alcanzado por la firma al iniciarse el proceso recesivo.

Son varias las reacciones empresarias a priori factibles en oportunidad de plantearse una contracción de la demanda. Entre ellas:

a. Continuar la producción para stock.
b. Contraer el volumen físico de producción reduciendo las horas extra trabajadas pero sin recurrir al despido abierto de operarios.
c. Reducir el volumen físico de producción despidiendo personal.
d. Buscar, en el lanzamiento de nuevos productos, la posibilidad de mantener el nivel de actividad de la planta. Dichos nuevos productos pueden ser:
   d.1. En el marco de la misma rama industrial.
   d.2. En otras ramas industriales.

   La incorporación de nuevos productos —tanto dentro como fuera de la rama industrial en que tradicionalmente se desempeñara la empresa— puede hacerse en base a diseños propios de producto o en base a licencias de terceros. Esta última opción implica un más rápido acercamiento a la frontera técnica mundial, así como también una más breve fase de diseño de producto, previa a un lanzamiento al mercado.
e. Actuar como subcontratistas de terceros, vendiendo servicios de mecanizado, montaje, reparación de equipos, etc.

   Dentro de esta categoria merece un tratamiento particular, por las peculiaridades del caso, la subcontratación con distintos sectores del Estado (como pueden ser las Fuerzas Armadas, la Comisión de Energía Atómica, etc.) a diferencia de la subcontratación dentro de la esfera privada de la economía.
f. Aumentar las exportaciones.

   Etcétera.

Lógicamente estas reacciones no son mutuamente excluyentes y bien puede encontrarse casos en los que dos o más de estos caminos han sido seguidos simultáneamente, como por ejemplo, lanzar productos nuevos —o actuar como subcontratistas de terceros— y reducir simultáneamente la nómina de personal.

También resulta factible imaginar que ciertas conductas son más probables en los primeros tramos de la recesión. Por ejemplo, la fabricación para stock, o la reducción del volumen físico de producción discontinuando horas extra, parecen más probables al inicio de la recesión mientras que otras conductas que comprometen a más largo plazo la configuración del plantel operario, el "mix" de producción fabricado, o el equipamiento disponible en planta (recurriendo, por ejemplo, a la venta de máquinas) aparecen como más probables a medida que se va profundizando y extendiendo en el tiempo la contracción de demanda.

A continuación examinaremos la influencia que el nivel tecnológico de las firmas ejerce sobre la conducta de ajuste elegido por la misma. Debe recordarse que dicha influencia se examina aquí suponiendo como dadas el resto de circunstancias —tanto externas como internas— que afectan la conducta de la empresa.

Con el fin de explorar la interrelación existe entre forma de ajuste elegida por la firma y nivel tecnológico alcanzado por la misma, se ha recurrido a un modelo en el que los niveles tecnológicos parciales de diseño y producción permiten construir un índice agregado representativo del nivel tecnológico global de la firma. Empleamos para ello ponderaciones simples de cada uno de los índices parciales. En cada caso la firma recibe una puntuación entre 1 y 10 puntos, en función de lo contestado por la misma a la sección del cuestionario destinada a medir el nivel tecnológico respectivo.

Presentamos a continuación los gráficos y cuadros indicativos de los niveles tecnológicos alcanzados por las empresas de la muestra. Dichos gráficos muestran la posición relativa de cada empresa encuestada teniendo en cuenta lo siguiente:

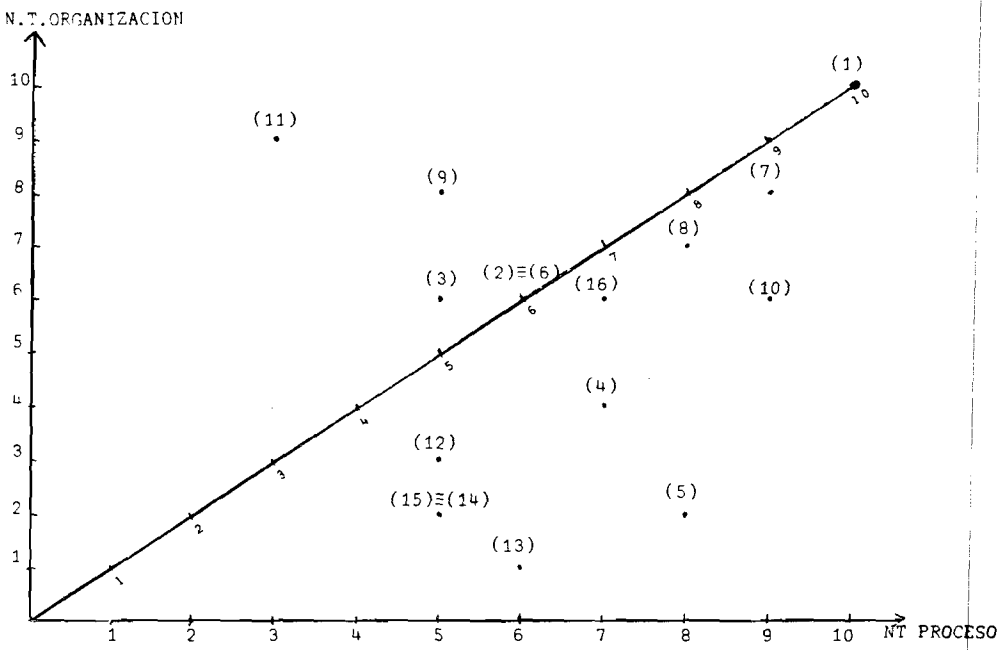
1) El nivel tecnológico de producción se calcula como resultante de los niveles tecnológicos parciales de proceso y de organización de producción.
2) El nivel tecnológico de diseño se calcula como resultante de los niveles tecnológicos de producto y de organización de diseño.
3) El nivel tecnológico global resulta de la suma de los niveles tecnológicos de diseño y producción.

De los gráficos que siguen se puede obtener información de gran interés acerca del estado general de las empresas encuestadas antes de la crisis. Entre otras cosas vemos que.

1. En lo que hace al nivel tecnológico de producción (gráfico IV.1), el nivel tecnológico de organización de producción es inferior al nivel tecnológico de proceso. El grueso de los establecimientos encuestados aparece por debajo de la recta de equidistribución sugiriendo que el primer atributo tecnológico está menos difundido que el segundo.
2. En materia de nivel tecnológico de diseño (gráfico IV.2), se observa que, en general, el nivel tecnológico de organización de diseño es superior al nivel tecnológico de producto. Gran parte de las observaciones aparecen sobre la recta de equidistribución de los atributos.

GRAFICO IV.1

Industria argentina de máquinas herramienta. Nivel tecnológico de producción, 1983



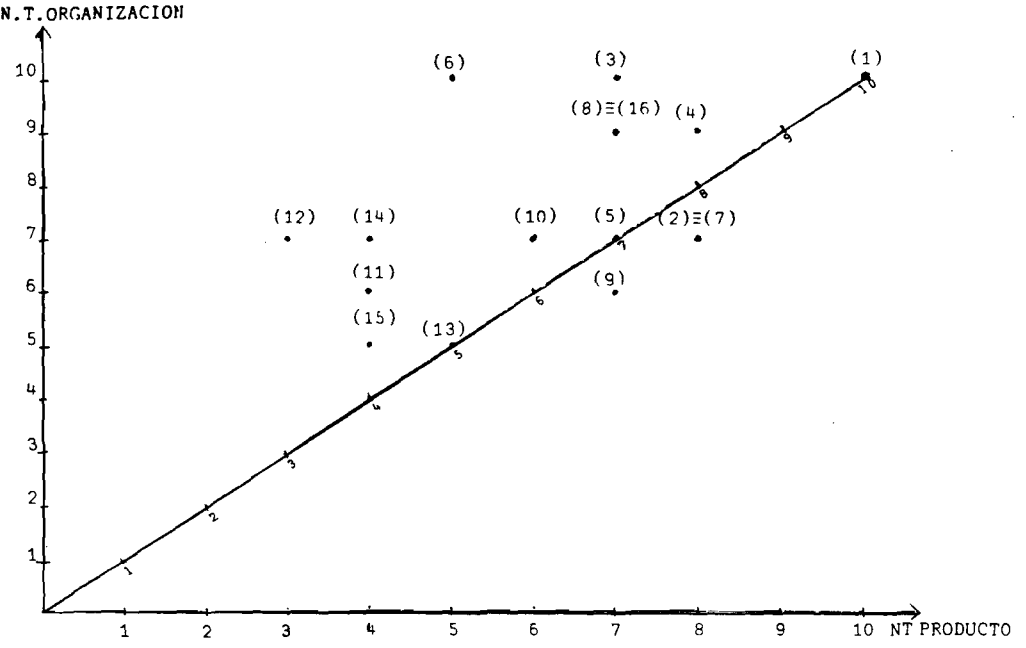
Cuadro de valores

Nº Empresa	NT Proceso	NT Organización
1	10	1
2	6	6
3	5	6
4	7	4
5	8	2
6	6	6
7	9	8
8	8	7
9	5	8
10	9	6
11	3	9
12	5	3
13	6	1
14	5	2
15	5	2
16	7	6

Fuente: Encuesta realizada en el marco del proyecto CEPAL/CIID, "Cambio tecnológico en el sector metalúrgico en América Latina", IDRC/84/S24, 1983.

GRAFICO IV.2

Industria argentina de máquinas herramienta. Nivel tecnológico de diseño, 1983



Cuadro de valores

NºEmpresa	NT Producto	NT Organización
1	10	10
2	8	7
3	7	10
4	8	9
5	7	7
6	5	10
7	8	7
8	7	9
9	7	6
10	6	7
11	4	6
12	3	7
13	5	5
14	4	7
15	4	5
16	7	9

Fuente: Idem gráfico IV.1.

3. Nivel tecnológico total (gráfico IV.3). Se observa que el nivel tecnológico de diseño es superior al nivel tecnológico de producción. Esto reafirma por una vía independiente las ideas vertidas con anterioridad en el sentido de que el proceso madurativo en el área del diseño aparece antes y alcanza un grado superior al que es dable observar en la esfera de producción.
4. Correlación de niveles tecnológicos de producto y proceso (gráfico IV.4). Observamos que existe un grado significativo de asociación entre ambos niveles tecnológicos. En términos generales aquellas firmas que tienden a sobresalir en materia de nivel tecnológico de producto también tienden a hacerlo en lo que hace a nivel tecnológico de procesos, y viceversa, un menor avance en lo primero tiende a estar asociado a un menor avance en lo segundo.

Vayamos ahora al estudio de la correlación que existe entre los niveles tecnológicos y las estrategias de ajuste seguidas por las firmas en oportunidad de la recesión.

a. Estrategia de producto

Se puede observar en el gráfico IV.5 que las empresas de menor nivel tecnológico de producto han tendido a incorporar productos de otras ramas industriales mientras que, a la inversa las empresas de mayor nivel tecnológico de producto muestran una mayor tendencia a incorporar productos nuevos del mismo ramo industrial.

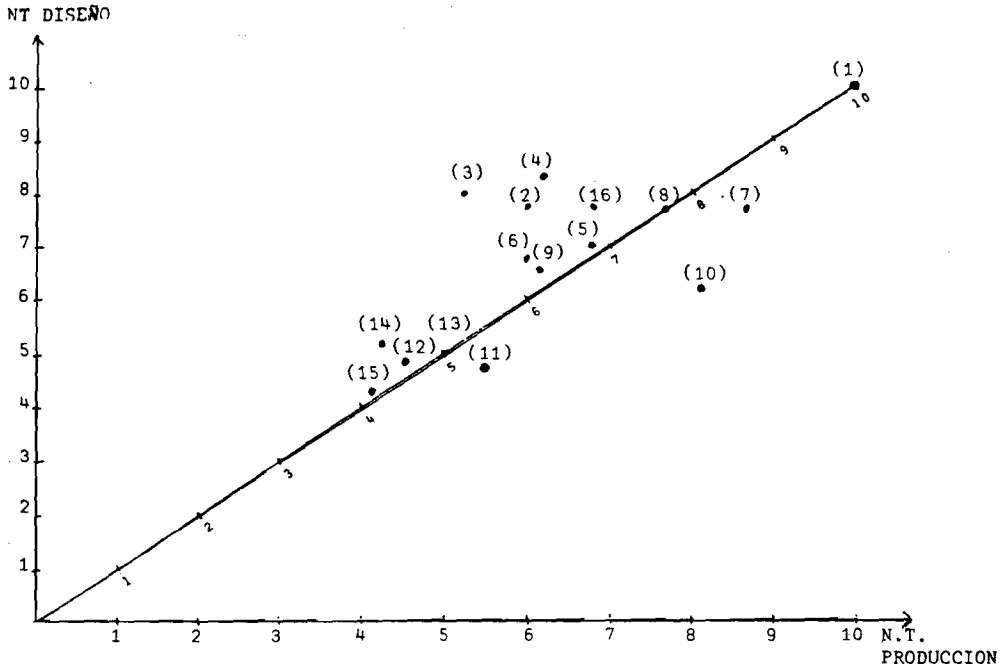
A raíz de esta conducta disímil, la recesión trae aparejado un incremento de la brecha tecnológica intrasectorial en lo que a nivel tecnológico de producto se refiere. Esto es cierto ya que las firmas de menor nivel tecnológico de producto tienden a abrir su radio de acción hacia otras ramas —en general menos exigentes desde el punto de vista de complejidad tecnológica— mientras que las de mayor nivel tecnológico de producto avanzan por el camino de una mayor complejidad de sus nuevos diseños. Esta creciente heterogeneidad estructural intrasectorial constituye un rasgo crucial de la realidad contemporánea del sector que deberá necesariamente ser tomada en cuenta a la hora de diseñar una política pública de reconversión del conjunto de la industria de máquinas herramienta.

b. Reducción de personal

Tal como se observa en el gráfico IV.6, las firmas de mayor nivel tecnológico de producción han tendido, en términos relativos, a despedir mayor cantidad de personal jornalizado. El porcentaje de despido no afecta por igual a los distintos tipos de trabajadores que componen la nómina. Se ha observado que el personal técnico y administrativo sufrió reducciones menores que la mano de obra directa o personal jornalizado. En el marco del estudio muestral aquí comentado hemos observado reducciones promedio del 60 % en personal jornalizado mientras que para el personal administrativo y técnico dicha reducción es del 35 %. Esta conducta puede explicarse de varias formas diferentes. En el caso de firmas familiares, donde el elenco técnico y administrativo frecuentemente incluye miembros de la familia propietaria, este vínculo puede en parte explicar la menor contracción del empleo mensualizado observada en la nómina. Por otra parte, es importante notar que antes de llegar al despido de personal la firma pasa por una primera fase

GRAFICO IV.3

Industria argentina de máquinas herramienta. Nivel tecnológico total, 1983



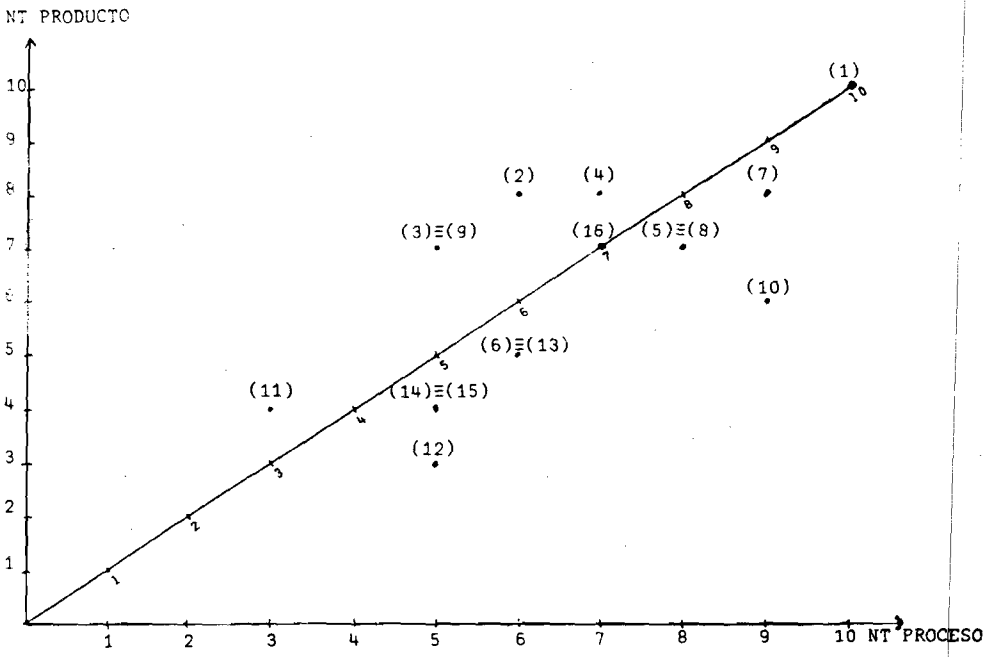
Cuadro de valores

NºEmpresa	NT Producción	NT Diseño
1	10	10
2	6	7,7
3	5,2	8
4	6,2	8,3
5	6,7	7
6	6	6,9
7	8,7	7,7
8	7,7	7,7
9	6,1	6,7
10	8,1	6,3
11	5,5	4,7
12	4,4	4,5
13	5	5
14	4,2	5,1
15	4,2	4,3
16	6,7	7,7

Fuente: Idem gráfico IV.1.

GRAFICO IV.4

Industria argentina de máquinas herramienta. Correlación entre nivel tecnológico de producto y de proceso, 1983



Cuadro de valores

N°Empresa	NT Proceso	NT Producto
1	10	10
2	6	8
3	5	7
4	7	8
5	8	7
6	6	5
7	9	8
8	8	7
9	5	7
10	9	5
11	3	4
12	5	3
13	6	5
14	5	4
15	5	4
16	7	7

Fuente: Idem gráfico IV.1.

recesiva en la que acumula stock (dicha formación de stocks es tanto mayor cuanto mayor es la expectativa de una pronta recuperación de la demanda y cuanto menor es la tasa de interés real que determina el costo financiero de la inmovilización de activos). Llegado el momento en que la firma debe recurrir al despido de personal se observa que justamente en ese momento resultan necesarios los esfuerzos de venta y comercialización a fin de reducir el stock previamente acumulado. Seguramente esto hace que la firma tienda a mantener por más tiempo al personal afectado a estas tareas.

c. Deterioro del nivel tecnológico de producción

Es importante observar que la ampliación de la "brecha tecnológica" intrasectorial que se observa en el plano de la tecnología de producto, no necesariamente aparece en el área de la tecnología de producción. En este plano la contracción del volumen físico de producción tiene como consecuencia una fuerte caída de los tamaños de lote y ésta, a su vez, induce una rápida involución tecnológica hacia métodos y formas de organización del trabajo ya largamente superados una o dos décadas atrás por varias de las firmas de plaza. Fueron desapareciendo las varias formas de "linearización" del proceso productivo que se originaron –años atrás– en la existencia de un mercado amplio y en los primeros intentos de especialización por planta o por "línea" de productos.

Simultáneamente, se vieron seriamente afectados los tiempos de producción debido a que al variar los tamaños de lote, resultan antieconómicas las inversiones en preparaciones, máscaras, dispositivos, etc. Al involucionar hacia métodos menos indirectos se ha visto encarecida la producción, como ya lo planteáramos previamente y dado que esta contracción del volumen producido ocurre aún en presencia de nuevas inversiones (que se efectúan merced a la caída desmedida del tipo de cambio) se produce un fenómeno grave de descapitalización empresaria debido a la obsolescencia del equipamiento instalado y en la imposibilidad de recuperación de la inversión en períodos "normales" de planeamiento.

Parece conveniente a esta altura de la presentación resumir lo dicho y extraer algunas conclusiones de interés.

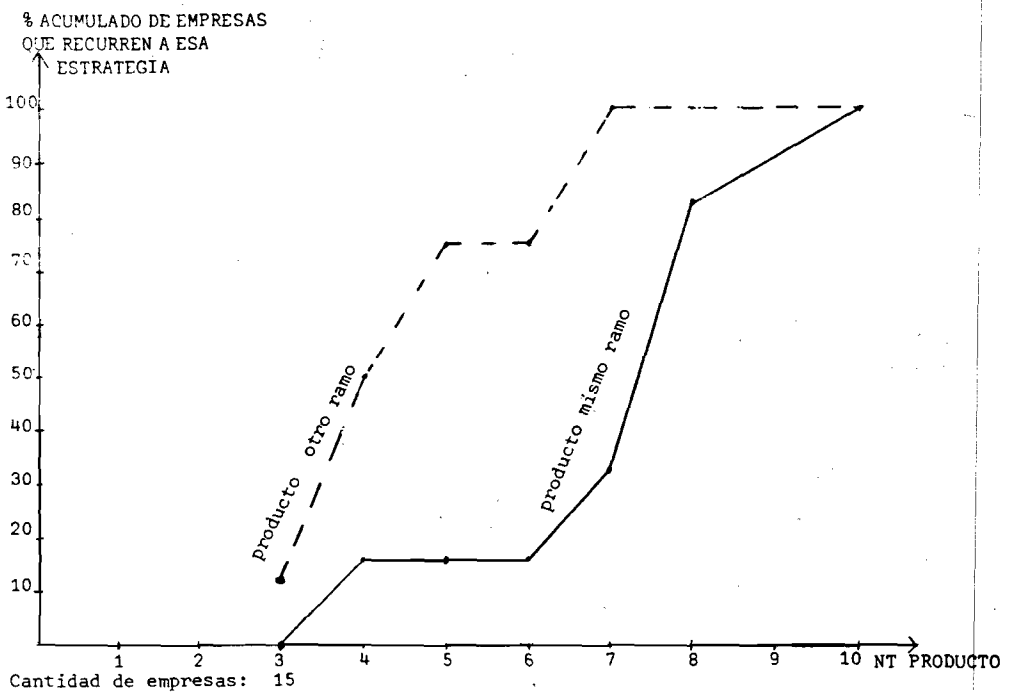
a. Existen considerables diferencias en lo que hace a la estrategia de ajuste y sobrevivencia seguida por distintos productores en oportunidad de la crisis que ha afectado a la industria en el período 1979/84. Dichas diferencias se observan aún entre firmas competidoras al interior de submercados específicos.

b. Las empresas que mayor nivel tecnológico de producto habían alcanzado con anterioridad a la crisis, han tendido a buscar estrategias "ofensivas" que involucran la búsqueda de productos nuevos con mayor contenido tecnológico que los que fabricaban con anterioridad a la crisis. Algunas de estas firmas aparecen como capaces de entrar al mundo de la automática y encarar la producción de equipos con comando numérico, centros de mecanizado, etc. En una primera etapa dicho ingreso al escenario de la automatización flexible parece haberse efectuado en base a licencias internacionales, las que permitirían ganar parte del tiempo perdido y reducir los costos de acceso a nuevos diseños de producto. También en base a gastos de IyD internos a la firma.

c. Las empresas de mayor nivel tecnológico de producción parecen haber contado con mayores grados de libertad para encarar el ajuste de sus planteles obreros. La exis-

GRAFICO IV.5

Industria argentina de máquinas herramienta. Estrategias de producto y nivel tecnológico de producto alcanzado por la firma antes de la crisis, 1983



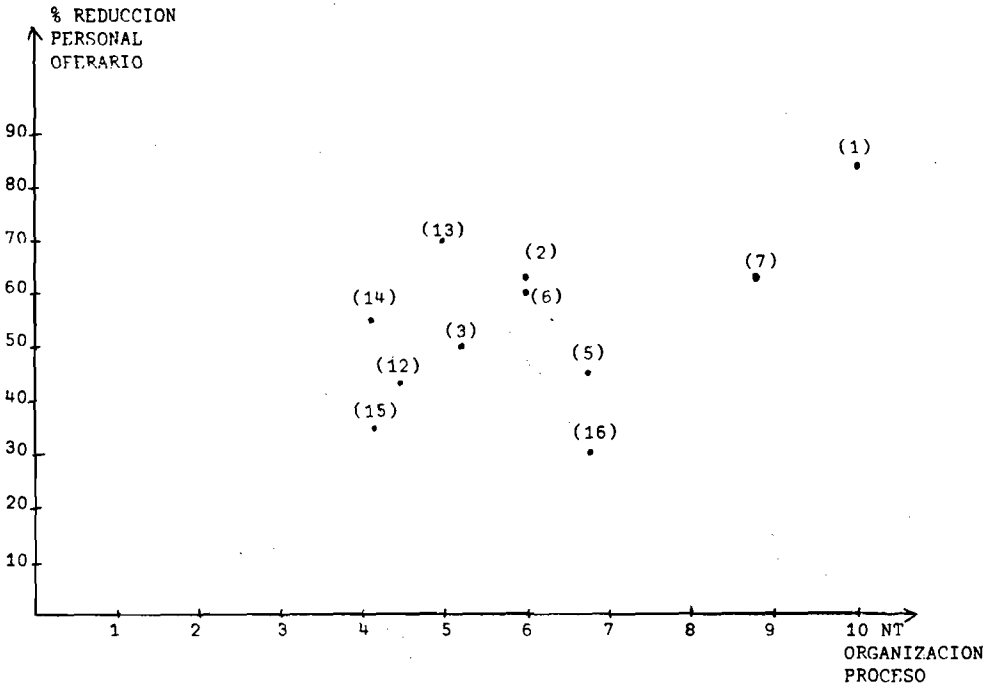
Cuadro de valores ordenado por nivel tecnológico de producto

Nivel tecnológico de producto creciente	% Acumulado Incorporación de nuevos productos mismo ramo	otro ramo
3	0	12,5
4	16,6	50,0
5	16,6	75,0
6	16,6	75,0
7	33,3	100,0
8	83,3	100,0
10	100,0	100,0

Fuente: Idem gráfico IV.1.

GRAFICO IV.6

Industria argentina de máquinas herramienta. Nivel tecnológico de producción y porcentaje de reducción de personal operario



Cuadro de valores

NºEmpresa	Nivel tecnológico de producción	% Despido personal jornal.
1	10	83
2	6	63
3	5,2	50
5	6,7	45
6	6	60
7	8,7	63
12	4,4	43
13	5	70
14	4,2	55
15	4,2	35
16	6,7	30

Fuente: Idem gráfico IV.1.

tencia en ellos de codificación de componentes, hojas de ruta, métodos, etc., elementos que aquí hemos denominado "memoria tecnológica" de la firma garantiza una más rápida recuperación de los métodos de trabajo, los niveles de calidad y tolerancia, etc., anteriores a la crisis, una vez que se produzca la recuperación del papel dinámico de la demanda.

d. Las firmas de menor nivel tecnológico de producto, parecen haber tendido a buscar estrategias "defensivas" que, con frecuencia, han involucrado el pasar a trabajar como subcontratistas de terceros en tareas de mecanizado, armado, reparación, etc. En múltiples casos esta estrategia ha traído aparejado el pasar a trabajar para otra industria o a incorporar productos de otras ramas de menor exigencia tecnológica. En parte estos productores han tendido a desdibujarse como fabricantes de máquinas herramienta.

e. Entre las conductas "defensivas" debe también mencionarse la de pasar a trabajar como subcontratista del Estado, en campos tales como Fuerzas Armadas, Comisión de Energía Atómica, etc. El carácter de costo-plus de muchos de estos contratos parece haber conspirado contra el manejo de criterios de competitividad y eficiencia.

f. La existencia simultánea de ambas conductas extremas —que aquí hemos denominado estrategias "ofensivas" y "defensivas", pero que en esencia implican, la primera, la búsqueda de una salida a la crisis por vía del avance hacia diseños de producto de mayor contenido tecnológico y, la segunda, la involución hacia ramas industriales o a diseños de producto de menor nivel de exigencia tecnológica que las alcanzadas con anterioridad a la crisis, necesariamente implican el gradual ensanchamiento de la "brecha tecnológica" intrasectorial, o en otros términos, un paulatino crecimiento de la heterogeneidad estructural prevalente en la rama. Este fenómeno caracteriza por sobre todo el área de la tecnología de diseño de productos.

g. La caída del volumen físico de producción ha traído aparejada una reducción en los tamaños de lote y ésta, a su vez, una mayor incidencia de los costos fijos inherentes al trabajo indirecto con máscaras, dispositivos, etc. En otras palabras, la caída en los tamaños de lote ha quitado economicidad a gran parte de la ingeniería de organización y métodos y a mucho de la tecnología de procesos —autofabricación de dispositivos, máscaras, etc.— que sólo encuentran razón de ser en volúmenes mayores de producción.

En este sentido la crisis origina una involución en tecnología de procesos y de organización de producción y es importante observar que ello es así para todas las firmas del sector, cualquiera sea el nivel tecnológico de procesos alcanzado antes de la recesión.

h. Intuitivamente percibimos aquí un comportamiento asimétrico en lo que se refiere a tecnología de producto vis a vis tecnología de procesos y de organización y métodos. Mientras que en el primer tema la crisis económica induce comportamientos antagónicos —ofensivos y defensivos— entre firmas de diferente nivel de complejidad tecnológica —las más dinámicas buscando nuevos diseños de producto de mayor contenido tecnológico y las menos dinámicas pasando a fabricar productos de otro sector y a actuar como subcontratistas de terceros, las más de las veces en campos de menor exigencia técnica— en el segundo campo la reducción del tamaño de lote induce a todas las firmas por igual a un proceso de involución económica y tecnológica en el que los métodos indirectos, las técnicas intensivas en tiempos de preparación, dejan de tener sentido y la planta fabril vuelve a operar como lo hiciera dos décadas atrás, como si parte del aprendizaje tecnológico alcanzado de manera "evolutiva" y "secuencial" —en proceso y en organización y métodos— no hubiera ocurrido.

i. En las plantas con baja "memoria tecnológica" este proceso de involución tecnológica involucra un fenómeno cuasi irreversible de pérdida tecnológica. Necesariamente se deberá volver a transitar el sendero evolutivo del aprendizaje secuencial una vez que la firma retome el crecimiento y vuelva a ocupar personal técnico. El proceso es algo diferente allí donde la presencia de "memoria tecnológica" permite predecir una más rápida recuperación de los niveles de calidad y de los métodos de trabajo empleados con anterioridad a la crisis. Así y todo, y pese a ser menor que en el caso anterior, la incorporación de nuevo personal requerirá, aún en estos últimos casos, un nuevo esfuerzo de entrenamiento "ad hoc".

j. Todo el proceso que estamos describiendo habrá sin duda de alterar la morfología de la industria favoreciendo un cierto aumento de la concertación empresaria en favor de las firmas que elevaron su nivel tecnológico de producto y una simultánea pérdida de participación relativa de aquellas otras empresas que optan por volcarse "hacia afuera" a tareas de subcontratación o hacia productos de menor requerimiento tecnológico.

Hasta aquí nuestro examen "estilizado" de las distintas estrategias de ajuste y de la incidencia que éstas tienen tanto para la futura morfología del mercado como para el posible sendero expansivo de la industria en su conjunto.

El análisis efectuado por M. Porteous[212] del caso brasileño da cuenta de una situación sumamente parecida a la local, excepción hecha de un punto que marca una diferencia crucial con el caso argentino. Tal diferencia deriva de la presencia en el contexto brasileño de un grupo importante de subsidiarias de empresas multinacionales muchas de ellas de origen alemán y asociadas a la presencia de Volkswagen A.G., las que producen máquinas herramienta de alto nivel tecnológico de diseño. La presencia de este grupo de empresas en el medio brasileño introduce una cantidad de variantes en el funcionamiento del "modelo" que vale la pena tener en cuenta. Primero, por definición se trata de firmas que cuentan con respaldo tecnológico y financiero de matrices europeas, hecho que garantiza para la subsidiaria brasileña tanto un stock prácticamente ilimitado de diseños de nuevos productos a los que recurrir en el momento en que el mercado lo justifique, como también asistencia financiera para cubrir períodos más o menos largos de contracción de la demanda y/o de encarecimiento del crédito local. Segundo, dichas matrices europeas están firmemente adentradas en el mundo de la automatización flexible y de la electrónica, razón por la que no sólo el nivel actual de tecnología de productos de la subsidiaria brasileña es —probablemente— más alto que el de las firmas locales, sino que también debemos suponer que la transición al mundo de la automática habrá de constituir un proceso menos traumático, lento y espasmódico que el que es dable predecir para firmas de capital nacional. Sin embargo, estar más adelantadas que las firmas locales en tecnologías de producto no necesariamente implica que también lo están en tecnología de procesos o en organización y métodos. En términos de equipamiento estas firmas bien pueden ser menos evolucionadas que algunas de las mayores firmas de capital nacional.

En función de lo anterior, y recordando el modelo de páginas previas, agreguemos ahora varios otros hechos estilizados derivados de la presencia de un subsector transnacional.

Por un lado, parece claro que dicho subsector habrá de contar con mejoras anticuer-

[212] M. Porteous, op. cit., 1984.

pos para sobrellevar la crisis recurriendo a nuevos diseños de productos. Esto es válido al menos en tres planos diferentes: a. financiero, b. tecnológico, c. acceso a mercados de exportación. Dado el alto costo real –y la falta de accesibilidad– del financiamiento doméstico, lo primero constituye una ventaja apreciable por sobre las firmas locales. No lo es menos el "pool" de tecnologías de producto disponible en los archivos de la casa matriz. Este permite llevar al mercado productos nuevos en un lapso que puede oscilar entre un medio y un tercio del tiempo de diseño que necesariamente debe presupuestar una firma local. Finalmente, el poder integrarse al canal de ventas internacionales de la casa matriz abre una gama de perspectivas de exportación muy difíciles de conseguir para el empresario doméstico. En suma, por diversos motivos es de esperar que la crisis golpee mucho menos fuerte al sector extranjero del mercado. A consecuencia de ello también es de esperar a priori que las reducciones de personal sean aquí relativamente menos importante que en las firmas de capital nacional. Los datos recogidos por M. Porteous confirman estas hipótesis preliminares.

Cerramos aquí el presente capítulo dedicado a explorar la microeconomía del ajuste que diversas empresas llevaron a la práctica durante el largo receso que abarcara el quinquenio 1979/84. El escenario de largo plazo que caracterizó las décadas de postguerra –años 1950-1960– fue dramáticamente interrumpido en la mitad de los años 70 en gran parte de América Latina por un doble conjunto de factores. Por un lado, una espectacular caída en la demanda interna, lo que quitó base de sustentación a una industria que por largos años creció sobre la base del mercado doméstico y sin dar más que una importancia secundaria al rubro de exportaciones. Por otro lado, la frontera técnica del sector, que por largos años no había experimentado grandes modificaciones, haciendo así posible un gradual pero claro "catch up" con el estado del arte mundial por parte de los más sofisticados de los productores metalmecánicos argentinos, brasileños, mexicanos, etc. comenzó a experimentar grandes saltos en dirección de la automatización flexible, la que sin duda habrá de trastrocar en años venideros los métodos productivos, la división social del trabajo y el patrón de ventajas comparativas dinámicas prevalentes en el campo metalmecánico mundial.

La suma de ambos fenómenos –el interno y el internacional– ciertamente está probado ser un golpe extremadamente duro de absorber aún para los más sofisticados de los fabricantes metalmecánicos latinoamericanos. Todos ellos han sufrido un claro proceso de involución tecnológica en materia de tecnología de organización de producción y, de manera algo menor, en tecnología de procesos. Sólo unos pocos –los que ya eran tecnológicamente más sofisticados al iniciarse la crisis– han iniciado tímidos pasos hacia el mundo de la automatización flexible y de la microelectrónica. Cortada la base de acumulación que siempre fuera el mercado interno, dicha transición amenaza ser espasmódica y frustrante en un mundo en el que el comercio administrado, las cuotas y los arreglos bilaterales han sustituido– y seguramente lo harán aún más en el futuro– al libre juego del mercado y tornan más errático y sujeto a fluctuaciones el comercio de exportación. La sobrevivencia de largo plazo de esta industria en el medio latinoamericano, su adecuada reconversión al mundo de la automática y su impacto sobre la industria y la sociedad toda, sin duda requerirán de un audaz planteo de política pública que lleve a recrear las bases mismas de un nuevo "modelo" de crecimiento. Acerca de los lineamientos generales del programa de política pública que reclaman las presentes circunstancias habremos de referirnos en el último capítulo de esta monografía.

CAPITULO V

LA PRODUCCION METALMECANICA: UN ANALISIS DE LA FRONTERA TECNICA MECANICA Y ELECTRONICA MUNDIAL

Ricardo J. Soifer

1. Características y difusión de las nuevas tecnologías

1.1. Introducción a las tecnologías metalmecánicas flexibles y a la aplicación de la microelectrónica

En este capítulo se tratarán los avances tecnológicos recientes de la industria metalmecánica, en particular el caso de las máquinas-herramienta y la automatización flexible, y el significado que el nuevo escenario mundial tiene desde la óptica de América Latina.

Como paso inicial y con el objeto de establecer una primera imagen global y un vocabulario que permita desarrollar el capítulo sobre una nomenclatura ya transmitida al lector, se comenzará por dar una primera visión de conjunto del campo que cubre la "automatización flexible" de la industria metalmecánica.

Se indicó en un capítulo anterior que la industria opera con tecnología de proceso continuo (o semicontinuo) en el área química, petroquímica, siderúrgica, etc. desde ya hace varias décadas. En el campo de los productos mecánicos, caracterizado por la producción de partes y su ensamble en conjuntos, se ha usado correspondientemente una forma de mecanización llamada "automatización rígida", para grandes volúmenes y baja diversidad de producción, basada en las llamadas "líneas de transferencia", maquinarias especiales y otros equipos "dedicados", esto es, diseñados para cumplir una tarea específica.

El nuevo mundo de la **automatización flexible** se adapta a menores volúmenes individuales y mucha mayor variedad de productos, lo que tradicionalmente implica producirlos por lotes y/o series cortas. Se menciona al respecto que entre 50 y 80 % de las fabricaciones de componentes y elementos mecánicos, se hacen en lotes de decenas, quizás un centenar, de unidades; los mismos tradicionalmente van pasando por diferentes equipos y procesos con cargas y descargas de máquinas, almacenajes, esperas y transportes intermedios. El cálculo generalizado es que en esas condiciones el tiempo neto, efectivo, de procesamiento, es sólo una parte muy menor del tiempo de permanencia del material en planta. Por el contrario, el grueso de dicha permanencia se absorbe en esperas, almacenajes, transportes, etc.

La automatización flexible se va desarrollando a medida que es más y más factible dar instrucciones codificadas a maquinaria productiva de uso "universal" (es decir que permite realizar determinadas operaciones o procesos sobre una variedad de piezas)

en reemplazo de la preparación y operación manual. Ello se hace a nivel de puesto de trabajo (máquina aislada o "stand alone") o respecto a combinaciones de máquinas. El medio de comunicación y de integración es la información digitalizada, siendo la expresión más conocida en la materia el control numérico, con o sin computación incorporada internamente (CN o CNC); en el CNC se incorporan microprocesadores al control de la máquina que además se puede localizar en el cuerpo de la misma. Conceptualmente tal máquina, pasa a ser una microcomputadora con su unidad de control, memoria, entradas y salidas, etc. la que incluye entre sus "periféricos" los diferentes conjuntos operativos que componen la máquina herramienta. De tal modo, en lugar de realizar un cálculo e indicar un resultado, la unidad de comando dirige una operación de transformación de una materia prima, por ejemplo, de corte de metal.

Al agregarse a la automatización del puesto de trabajo la del movimiento de piezas, la de procesos de unión y terminación (soldadura y pintura, por ejemplo) por robots (manipuladores avanzados de piezas), también bajo control electrónico, etc., aparece la posibilidad de integración de los varios equipos en células, islas o "líneas" de producción flexible, es decir, en que van procesándose en diversos equipos, diferentes tipos de piezas, según procesos y secuencias diferentes, rápidamente programados. En la modalidad DNC ("direct numerical control") un grupo o célula de equipos CNC es guiado por una computadora que les transmite los programas y supervisa la operación.

En todos los casos va creciendo la importancia de las comunicaciones y del **soporte lógico** (o "software") constituido por lenguajes de programación, programas de sistemas, y programas de operaciones de producción propiamente dichos basados en algoritmos de conducción de piezas y de elementos operativos de las máquinas.

Por otra parte, también es posible combinar diversos cabezales y operaciones en una máquina bajo un control numérico, apareciendo así el "centro de mecanizado" y otras máquinas combinadas más simples.

Ya al nivel de combinar integralmente sistemas de movimiento automático, y procesamiento flexible, se ubica el concepto de FMS, o "Flexible Manufacturing System". A esta altura del aumento de complejidad el proceso de equipamiento (es decir de inversión del usuario) ya no consiste en reemplazar uno o varios equipos (máquinas convencionales) por alguna máquina convencional más moderna o por una dotada de CN o CNC, sino en un replanteo total o parcial de la planta fabril, combinando equipo existente y nuevo, lo que requiere una incipiente especialización que podría llamarse ingeniería de procesos discontinuos, en la búsqueda de beneficios a nivel no sólo de puesto de trabajo sino derivados de la integración del sistema en su conjunto ("system gains").

Otro aspecto a considerar entre los nuevos medios técnicos y de apoyo son los sistemas gráficos. Se los puede dividir en: a) simples (la pantalla y su "hardware" y "software" asociados reemplazan al tablero de dibujo, al manual de normas y al catálogo de componentes estándar), y b) complejos (capacitados para el cálculo de exigencias físicas, la simulación del funcionamiento, etc.). Las siglas relevantes son CAD y CAE ("computer aided design, y/o, engineering") mientras que el CAM ("computer aided manufacturing") implica el uso de los datos de diseño (generados por CAD y postprocesados y almacenados en forma digital) en la ingeniería de producción y en la programación de los equipos de CN, de control, y otros; a su vez el CIM es el estadio, aún hipotético, en que todo lo precedente se integra con la gestión empresaria automatizada, y

con el almacenamiento y transporte guiados también por flujos digitales y realizados por otros elementos automáticos.

Se debe destacar finalmente la presencia permanente, y el perfeccionamiento, del "software" de empresa y de organización, que no es lo mismo que el "software" de computación y control. Este último es el soporte lógico interno del equipo electrónico, y hasta podría decirse, del viejo control electromecánico (en que válvulas, medidores, y relés, conectados entre sí, "computan" valores y toman decisiones según una lógica incorporada físicamente, que constituye, conceptualmente, el "software"[213] de la tecnología clásica de control). A diferencia de ese concepto de "software", la disciplina de la ingeniería industrial se distingue por ocuparse del "software" de la producción industrial, es decir de la metodología de producción.

Ese "software" que constituye la ingeniería industrial, incluye organización y métodos[214], disposición de planta, programación y control de producción, investigación operativa, gestión de inventarios, y otras ramas. A ellas se agrega en las últimas décadas la metodología de grupos tecnológicos, que agrupando partes y componentes por "familias" de diseño y/o proceso facilita la integración de células y luego de líneas de producción.

En el diagrama de la figura V.1 se representa la posición relativa aproximada de diversas especialidades de la automatización flexible, y su eventual integración en el "CIM". Se debe destacar que el diagrama no indica secuencias ni prerrequisitos rígidos, por el contrario, muestra que existen caminos alternativos o complementarios para llegar a niveles superiores de desarrollo e integración, pero como diagrama lógico y representación, a cierto nivel, de posibles secuenciamientos temporales, puede también señalar pautas para los procesos de consolidación y aprendizaje, tanto dentro del área de "mecánica con microelectrónica" como a nivel de otras funciones de la empresa (v.g., si la empresa ya tiene datos de diseño y/o producción en computadoras convencionales, está obviamente en mejores condiciones de realizar ingeniería por CAD, usando los mismos bancos de datos).

1.2. El proceso de difusión y las fuerzas de cambio

1.2.1. La difusión

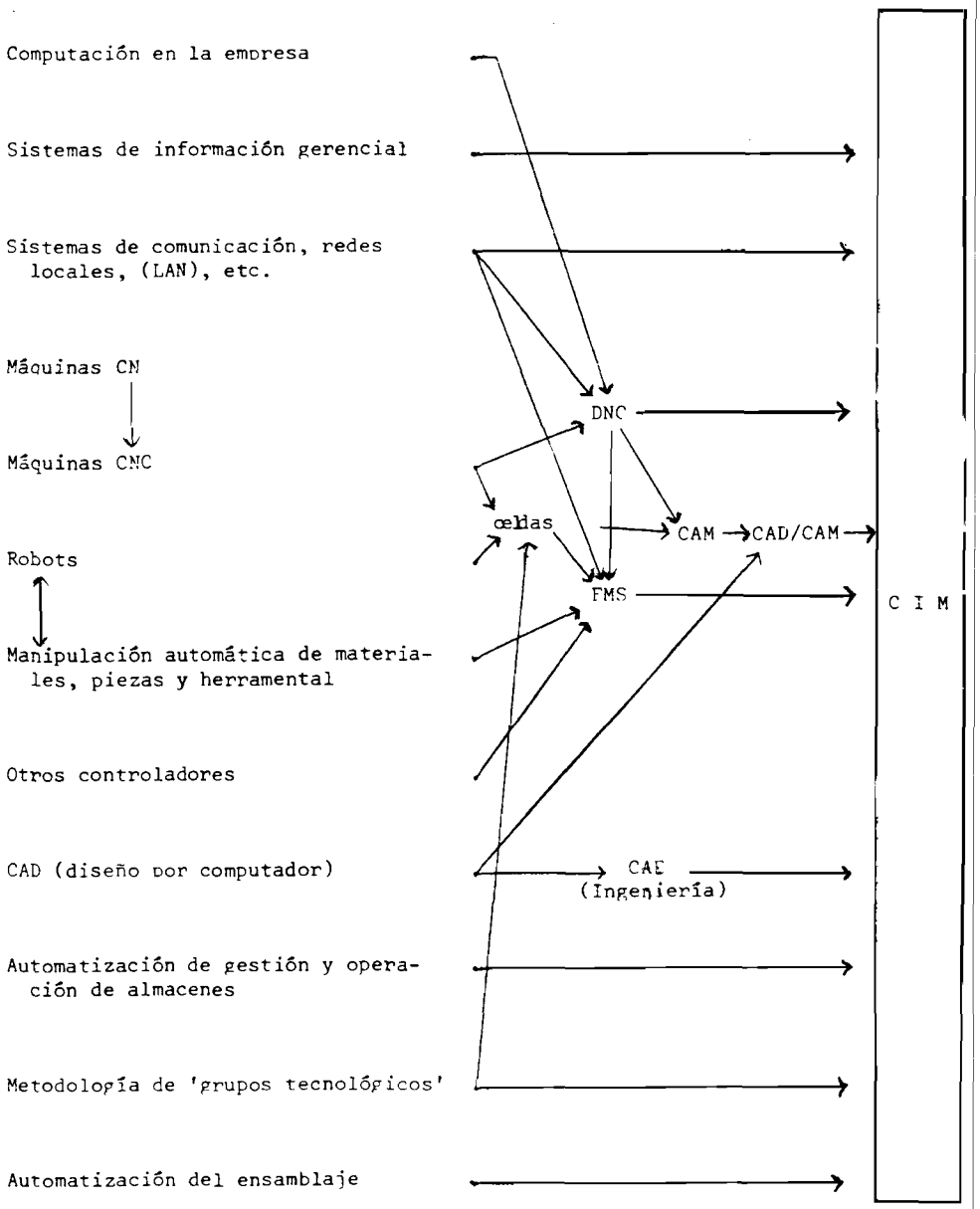
Se ha indicado que las ventajas estratégicas y técnicas de las nuevas tecnologías llevan su difusión más allá de lo que podría justificarse a través del simple cálculo de costos de factores. Por otra parte, a nivel de puesto de trabajo o taller, la escala no es obstáculo. Por el contrario, las nuevas tecnologías procuran lograr la viabilidad de la producción eficiente de lotes y series menores, incluso en la propia industria de máquinas herramienta[215].

[213] "Hard wired software".

[214] En ingeniería la expresión "organización industrial" se refiere a la producción y la planta. En economía se habla de "organización industrial" para referirse a estructuras sectoriales de propiedad, control y competencia. Se debe recordar estas diferencias de uso de términos idénticos en diferentes contextos.

[215] Ello no implica que no surjan economías de escala en diseño complejo, en "software", en comercialización, en el rediseño de productos para la producción automática, en las industrias de semiconductores y sistemas de control, etc.

FIGURA V.1


Computación en la empresa
Sistemas de información gerencial
Sistemas de comunicación, redes locales, (LAN), etc.
Máquinas CN
Máquinas CNC
Robots
Manipulación automática de materiales, piezas y herramental
Otros controladores
CAD (diseño por computador)
Automatización de gestión y operación de almacenes
Metodología de 'grupos tecnológicos'
Automatización del ensamblaje
DNC
celdas
CAM
CAD/CAM
FMS
CAE
(Ingeniería)
C I M

El análisis cuantitativo puede partir de la descripción global de la industria mundial de máquinas-herramienta de todo tipo, en 1983[216]. Sobre casi 19 mil millones de dólares de valor total de producción Japón representó algo menos del 20 %, la Unión Soviética y Alemania Federal hacia un 15 % cada una, y los EE.UU. un 10 %, completándose un 55 % de la producción mundial en los cuatro principales países productores, con valores absolutos de 3.500 millones de dólares (Japón), a menos de 2.000 millones (EE.UU.). Los 10 países siguientes, colocados en las centenas de millones (Italia, 5º en el ordenamiento global, se aproximó a los mil millones, y Canadá ocupó el puesto 14º con 230 millones), son todos industrializados, de mercado y socialistas, excluyéndose solamente el caso particular de China continental (11º). En el puesto 15º aparece Corea del Sur, primer país en desarrollo fuera de la ya citada China, con algo más de 200 millones, encabezando un grupo de países que produjeron entre 100 y 200 millones, cerrado por Brasil (23º) y Polonia. En el grupo de las decenas de millones (encabezado por Bélgica, 25º en general, con 90 millones) aparecen en los puestos 31º y 32º Argentina y México, con 32 y 21 millones de dólares respectivamente (ya se analizó en el capítulo 4º la declinación de Argentina, Brasil y sus causas). De 1972 a 1983, y a pesar del retroceso latinoamericano ya indicado, los países en desarrollo en su conjunto subieron del 2,6 % al 6,7 % del total mundial[217].

En 1983 la R.F.A. bajó sus exportaciones al 24 % del comercio mundial, en el que Japón alcanzó globalmente un 14 %, pero fue mucho mayor la participación de los japoneses en el comercio de equipos de control numérico. Por otra parte, un 40 % del total de la producción de los 35 países citados por Jacobsson se exportó, en un medio en que en especial muchos de los países más avanzados tienen muy altas tasas tanto de exportación como de importación (lo que indica altos grados de especialización) llegando al 80 % ó 90 % en algunos casos. Por su parte Japón sólo exportó el 34 % de su producción e importó el 8 % de su consumo. Los grandes países como EE.UU., Unión Soviética, China Popular exportan aún menos e importan entre 1/4 y 1/3 de sus necesidades. Taiwán es el más abierto de los países en desarrollo. Corea del Sur exportó poco más de un tercio de su producción, a la vez que importó 50 % de sus requerimientos, (lo que indica a la vez su ritmo de inversión y su nivel de autoabastecimiento). Por su parte Brasil e India se parecieron al exportar 11 ó 12 % de sus respectivas producciones e importar algo más de un tercio de sus respectivas necesidades.

Con respecto a difusión de las nuevas tecnologías, se puede comenzar con una apreciación general de sus grados de madurez, definidos por Edquist y Jacobsson en términos de fases "introductoria", de "crecimiento" (rápido) y de "maduración"[218]. Dichos autores consideran a los tornos de control numérico y centros de mecanizado productos ya maduros; los robots "de proceso", y CAD para dibujo, productos ya avanzados en su fase de crecimiento; los módulos flexibles y la mayoría de los robots de manipulación, a punto de entrar a la fase de crecimiento rápido; el CAD para diseño

[216] Datos de *American Machinist*, February 1984, p. 77, citado por S. Jacobsson, *International Trends in the Machine-Tool Industry-Implications for Argentina*, Working Draft, UNIDO/IS., 23 november 1984 p. 5.

[217] S. Jacobsson, op. cit., p. 5, con datos de *Américan Machinist*, Feb. 1984 y de UNIDO (1975), *"Machine Tools in Asia and the Pacific"*.

[218] C. Edquist and S. Jacobsson, *"Trends in the Diffusion of Electronics Technology in the Capital Goods Sector"*, Research Policy Institute, Lund (Sweden), mimeo, April 1984, p. 54.

mecánico, y el FMS, como avanzados en su fase introductoria; y los robots de ensamble, como que habrían solamente iniciado su fase introductoria.

Pasando a los aspectos cuantitativos, el inventario total de equipos de control numérico en el mundo hacia 1982/83 era de más de 200.000 (de los cuales 102.000 estaban en los EE.UU. donde sin embargo eran hacia 1980 sólo 5 % en número, aunque 30 % en valor, del parque instalado). Japón tendría en 1982/83 22.000 CN/CNC registrados a los que habría que sumar los de empresas de menos de 10 trabajadores no reflejadas en la estadística. Los siete principales productores no socialistas fabricaron en 1982 más de 40.000 equipos de control numérico.

Desde 1978 a 1982 se registraron por otra parte fuertes incrementos en la participación del control numérico en las inversiones en máquinas herramienta, v.gr. del 15,6 % a 38 % en Japón, y 19 % a 40,8 % en el Reino Unido[219]. Existen variaciones por tipo de máquina herramienta, con preeminencia de los tornos y centros de mecanizado y/o máquinas que realizan funciones de fresado, perforación y alesado. En todo este conjunto, en una muestra de 6 de los principales países de la OCDE y 5 tipos de producto, la proporción de equipo de control numérico pasó de 1/3 a 2/3 de la producción, de 1976 a 1982[220]. En lo referente a tornos, en algunos de esos países se estaba alcanzando casi el 80 % de la inversión total respectiva en modelos de control numérico[221].

La difusión de los robots, sin distinguir generaciones o tipos, está dada por estadísticas acumuladas que indican en 1983 "poblaciones" de 12.500 robots en Europa, 8.000 en los EE.UU., y 16.500 en el Japón[222]. Suecia es el país más avanzado en la relación robots/trabajadores, con un nivel de 29,9 robots por 10.000 trabajadores, en 1981. La producción estimada de robots en Japón en 1984 sería de 30.000 aproximadamente, según una fuente que contabiliza una población de 130.000 robots en ese país a principios de 1984 (pero ver nota 222, con referencia a los problemas metodológicos). Por su parte, información de Alemania Democrática indica que los robots en ese país pasaron de 13.700 a 35.000 de 1981 a 1984, lo que encierra también presuntamente problemas metodológicos (sobreestimación), aunque sin dejar de indicar un fuerte avance de ese país[224]. En los Estados Unidos el mercado de robots según el Robot Institut of America (según normas más estrictas que las definiciones japonesas) creció en un 50 % en 1984 a U$S 300 millones y se esperaría que alcance los 3.000 millones en 1990[224].

Con referencia al volumen de otros mercados y tasas de crecimiento de productos del complejo microelectrónico aplicado a la ingeniería y producción mecánica: J. Bessant ha presentado las siguientes cifras y estimaciones para el mercado robótico: crecimiento en los años precedentes a 1983 al 30 %; alto crecimiento también del numero de pro-

[219] Edquist y Jacobsson, op. cit., tabla 2.2., p. 5.

[220] Ibidem, p. 8. Los productos eran los tornos, centros de mecanizado, fresadoras, taladradoras y alesadoras.

[221] Ibidem, p. 9.

[222] *New Scientist,* 23.2.84, citado en UNIDO, *Microelectronics Monitor* Nº 10-11. No se indica la norma según la cual se definen y contabilizan esos robots, existiendo según se verá, diferencias entre la definición japonesa, menos rigurosa, y la de los EE.UU. Ver la sección 2.3.

[223] *Presse-Informationen,* Nº 88, 31.VII.1984, Berlín Oriental, citado en UNIDO *Microelectronics Monitor* Nº 12.

[224] *Electronics Week,* 1.I.1985, citado en UNIDO *Microelectronics Monitor* Nº 12.

veedores pero con baja posibilidad de supervivencia de empresas chicas de alta tecnología; y ampliación del rango de aplicaciones; por otra parte, crecimiento del uso de sistemas CAD al 40 % anual proyectado a 1986 —con toma de control por grandes corporaciones en desmedro de los independientes. Volumen del mercado norteamericano de CAD, 100 millones de dólares aproximadamente en 1982[225], y una estimación para 1984, del mismo mercado mundial, de 2.000 a 3.000 millones de dólares con un 60 % a 70 % del mismo localizado en EE.UU. En cuanto a los sistemas flexibles, de ritmo de instalación aún relativamente lenta, Edquist y Jacobsson estimaron su total en 1984 en 129 sistemas en todo el mundo[226].

1.2.2. Las fuerzas de cambio

Según se adelantó, para explicar la naturaleza e intensidad de los cambios tecnológicos aquí estudiados, un enfoque al nivel más general, consiste en relacionar la innovación tecnológica profunda y concentrada como la que está actualmente ocurriendo en este y otros campos con grandes ciclos de la economía y/o una crisis de acumulación global. Ello se traduce en parte en análisis de la caída de la tasa de ganancia y de la tasa de incremento de la productividad industrial de los países líderes. A otros niveles, más cercanos a los fenómenos observables, se lo explica por efectos exógenos sobre el sector mecánico, como la revolución microeléctrica y en particular la aplicación del microprocesador. Promueve a su vez la difusión de las innovaciones la presión de la competencia, en particular la proveniente de Japón, y de los "nuevos países industrializados". Un factor que no se puede ignorar es el cambio de perspectiva que algunos observadores piensan se requiere en la evaluación de inversiones en estos campos, a ser basada fuertemente en la consideración de los beneficios estratégicos de la incorporación de las nuevas técnicas y su integración a niveles más complejos[227]: las aplicaciones pueden evaluarse por tasas de retorno o períodos de recuperación de la inversión, como en cualquier otro caso —pero al mismo tiempo debe tenerse en cuenta que con el tiempo los beneficios pueden aumentar, por ejemplo, a través de nuevo "software", y por sobre todo que, apareciendo como ineludible que las empresas deberán incorporar más tarde o más temprano las nuevas tecnologías, las mismas deben desde ya invertir en estos equipos para iniciar su familiarización y aprendizaje.

Examinando en más detalle los niveles sugeridos de generación de fuerzas de cambio, resalta, al nivel más general, la ubicación de la actual etapa de cambio cronológicamente después de una etapa de expansión de la producción y comercio mundial, y su vínculo con la interrupción de esa tendencia y con las sucesivas recesiones de 1968-70 (la menos marcada), de 1974-75 y de principios de los años 80. Chudnovsky analiza al respecto la caída de la tasa de ganancia en las principales economías de mercado y presenta igualmente datos referentes a la caída en la tasa de crecimiento de la productividad, a la vez que menciona la intensificación de la competencia originada en el Japón junto

[225] Calculado de John Bessant, *"Technology and Market Trends in the Production and Application of Information Technology"*, UNIDO *Microelectronics Monitor* Nº 8 Supplement, December 1983, table 18, p. 39.

[226] Edquist y Jacobsson, op. cit., tabla 5.2, p. 45.

[227] *American Machinist*, January 1983, "On the Road to CIM", p. 91.

con la edad o antigüedad de los parques de máquinas instaladas en los EE.UU. y en otros países principales de economía de mercado[228]. También en revistas especializadas de la industria se ha hecho notar esas tendencias[229].

Examinando el tema al nivel de los fenómenos de mercado, la demanda por este tipo de equipos se crea por diversos factores técnicos, por la competencia, y por la estructura y demanda de la industria usuaria que crea a su vez submercados específicos.

Los factores técnicos, desde el nacimiento del control numérico, se refieren a la capacidad única para realizar operaciones complejas y para obtener determinadas formas, precisión y uniformidad en los productos. Por su parte, la competencia actúa, por ejemplo con la irrupción japonesa en la producción automotriz. Además en los países de alto salario existe una obvia motivación para la automatización de la producción por lotes, que con los métodos convencionales presenta un uso intensivo de mano de obra relativamente cara.

Un análisis de ese punto indica que en la llamada automatización rígida los costos fijos y financieros representan 60 % del costo de producción, y en el taller industrial hay un 60 % de costo de mano de obra, lo que crea un amplio espacio para una tecnología que abarate ambos a la vez[230].

Por otra parte las técnicas automatizadas ahorran también capital de trabajo (costos de materiales y de bienes de proceso), energía, mano de obra indirecta y de supervisión y control de calidad, utilizando además a menudo menos espacio porque una máquina reemplaza a varias.

Otra circunstancia que da impulso a la automatización flexible es la mayor diversificación, diferenciación y renovación de productos de la industria mecánica en diversos mercados, con ciclos de vida cada vez más cortos, con lo que las necesidades de reequipamiento de sus productores deben pasar a resolverse dando prioridad a la flexibilidad.

Otro cambio de importancia proviene de la evolución de la estructura organizativa de las ramas metalmecánicas que tienden a aumentar el número de subcontratistas e incluso el de niveles sucesivos de subcontratación. Informaciones de Japón y del Reino Unido[231] señalan tendencias a exigir más en todo sentido de los subcontratistas, (incluso menores márgenes, o tiempos sumamente cortos de entrega), tendiendo la empresa terminal a trabajar como ensambladora y sin inventarios, lo que lleva a los subcontratistas a equiparse con CN/CNC. En Japón se entrega a éstos la información sobre las piezas a fabricar directamente codificada para alimentar su equipo CN y no en forma de planos[232].

En cuanto a la oferta de este tipo de maquinaria, responde a su vez a diversos facto-

[228] D. Chudnovsky, "Automatización y Transnacionalización: El caso de la industria de bienes de capital", *Economía de América Latina,* (11), 1984.

[229] J. Mc. Elroy, "Making Production pay-off", *Automotive Industries,* agosto de 1979, señala que desde mediados de los años '60, Japón y Alemania Federal aumentaron su productividad al 6,8 % y 5,3 % y los EE.UU. sólo al 2,2 %, pero que desde 1976 la tasa de aumento de Japón y Alemania se redujo a la mitad.

[230] François Levieux (INRIA)' "Quelques réflexions sur l'automatisation des industries manufacturieres", *Annales des Mines,* Mai-Juin, 1982, reproducido en *"Problemes Economiques"* Nº 1798 18 noviembre 1982.

[231] *Financial Times,* April 3, 1985, "UK Machine Tools: A Figth-Back at the Eleventh Hour", by Andrew Fisher, y Susumu Watanabe, *Market Structure, Industrial Organization, and Technological Development: The case of the Electronics-Based NC-Machine Tool Industry,* World Employment Programme Research, Working Paper, International Labour Organization, Geneva, 1983, p. 23.

[232] Watanabe, op. cit., p. 23-24.

res, pero se destaca por sobre todo la evolución del control numérico con la aparición de microprocesadores confiables, de bajo precio, que imprimió una notable aceleración en los últimos años a la extensión de la oferta de CNC en cuanto a tipos y rangos de equipos, incluyendo el hacer viable (por baja de precios de la unidad de control) su aplicación a máquinas de menor tamaño. A la vez, se hace posible integrar a la corriente de información digital todo tipo de equipos incluso controladores de menor rango de costos[233].

Japón aprovechó al máximo y muy pronto esta posibilidad, lo que fue inesperado para sus países competidores, cuyos mercados literalmente invadió, forzando a los restantes a seguirlo, y a buscar alianzas productivas con empresas japonesas para tener acceso a su tecnología. Influyó además en la rápida reacción japonesa para aprovechar la oportunidad tecnológica el bajo nivel de desempleo de ese país (escasez de mano de obra adicional) y la acción gubernamental en términos de ejercer presión para el aumento de la competitividad así como reduciendo el riesgo y manteniendo políticas económicas coherentes y creíbles[234].

2. La tecnología y sus tendencias

2.1. Las máquinas herramienta: aspectos del desarrollo mecánico[235]

En la literatura especializada reciente no se encuentra un cuadro de situación unificado referente al estado del arte o grado de avance a la fecha en las numerosas áreas que conforman la mecánica de las máquinas herramienta. Ello parece deberse por lo menos en parte al énfasis casi excluyente de las principales publicaciones, suplementos especializados, etc., recientes, sobre el tema de los sistemas integrados de producción (a niveles de celdas, FMS, CAD-CAM, CAD-CAE-CAM, CIM); en el énfasis en esas materias parecen dar por descontado el progreso técnico de la maquinaria propiamente dicha y/o de los aspectos específicos de integrabilidad. Por otra parte las revisiones, "surveys" o perspectivas específicas o globales que también existen, han puesto en gran parte el acento no en el "estado del arte" sino más bien en las direcciones de avance, y en los temas y objetivos pendientes, incorporando sólo en algunos casos un catálogo de novedades recientes (por ejemplo la reseña de las presentaciones en una determinada exposición) pero sin integrar el cuadro hipotéticamente completo del estado del arte, a que se ha hecho referencia.

En lo que sigue, por esos motivos, se intentará un método de exposición y síntesis que integre esa información tal como está disponible (que incluye tanto "surveys" generales y especializados como noticias y comentarios aislados que parecen especialmente relevantes) y que permita formarse una impresión relativamente precisa de la situación y tendencias de la tecnología mecánica en lo referente a algunos procesos y maquinarias principales.

[233] No se debe perder de vista la introducción de elementos de control con microprocesadores fuera de las máquinas CN/CNC. Por ejemplo, General Motors en EE.UU. tenía a fines de 1984 en sus plantas automotrices 20.000 controladores programables (*The Economist,* 1º de diciembre de 1984, p. 70).

[234] J. Baranson, *"Robots in Manufacturing: Key to International Competitiveness",* (Mt. Airy, Maryland: Lomond, 1983), Capítulo II, p. 13.

[235] Es decir excluyendo la parte de comando electrónico.

Como primer paso, se presentan algunas observaciones de tipo general respecto a áreas o aspectos de la tecnología en que se manifiesta la innovación: nuevas máquinas, mejores máquinas, máquinas más complejas, de construcción diferente, etc.[236].

Como nuevo tipo de máquina se debe mencionar la consolidación del centro de mecanizado. Se trata de una máquina multifuncional, dirigida por control numérico, con cabezal para diversas herramientas y con sistemas automáticos de cambio de herramientas, que puede reemplazar y realizar las funciones de máquinas convencionales tales como las fresadoras, taladradoras, alesadoras y limadoras y está en capacidad de operar con alta autonomía (poca o ninguna atención de operario). El centro de mecanizado apareció en 1958. Según un artículo especializado[237] el actual centro de mecanizado cumple en gran medida las recomendaciones del llamado "Task-force Report", de 1980, que se considerará en detalle en lo que sigue)[238]:

- Menor tiempo de mecanizado por pieza.
- Menores tiempos de carga y de cambio de herramienta; menor tiempo dedicado a otras funciones que no impliquen corte.
- Mayor flexibilidad.
- Mayor compatibilidad para construir sistemas.
- Menor participación de operarios.
- Mayor seguridad y menor ruido.

El "survey" citado identifica sólo en los EE.UU., 120 productores de este tipo de máquina y un enorme número de opciones: opción de diseño vertical u horizontal, distintos mecanismos de cambio de herramientas, diversas formas de almacenamiento de las herramientas, y otras opciones en materia de mesas, husillos y cabezales.

Habiendo citado al centro de mecanizado como caso de un nuevo tipo de máquina, se puede hacer ahora referencia como otra alternativa de evolución, potencial y real, del rango de productos, al caso de extensión del rango de diseño (correspondiente a nuevas franjas de mercado) de maquinaria ya existente, ya sea haciéndola de mayor dimensión, potencia y/o complejidad, ya sea haciéndola más simple o más accesible. En tal sentido ha sido importante la iniciativa japonesa de extender la gama de tornos de control numérico a modelos más livianos, simples y accesibles, que resultó de suma importancia para la estructura de penetración de mercados y de producción.

Otra orientación registrada en el progreso técnico general de las máquinas es la referente a la simplificación y mejoramiento de los diseños por reducción de hasta 30 % ó 40 % del número de partes y componentes, o por simplificación del diseño de los cuerpos de máquina[239]. Un ejemplo de simplificación es el reemplazo de conjuntos de motor/polea de transmisión/cabezal, por un solo elemento, a saber, un cabezal con motor incorporado. Una consecuencia de interés de este tipo de avance es la del cambio de la

[236] A efectos de esta sección *no* nos interesa si la máquina es convencional o de control numérico, sino el tipo de máquina que es, v.gr. un torno o una fresadora (convencionales o CN) o una nueva máquina, como lo es el centro de mecanizado.

[237] "What's new in Machining-Centers", Special Report Nº 763, *American Machinist,* Febrero 1984, pp. 85 a 109.

[238] Véase más adelante en este capítulo.

[239] Esta mejora resulta a su vez en una reducción de ios tiempos de maquinado en la construcción de la máquina.

división del trabajo entre proveedores de conjuntos o componentes, y empresas productoras (terminales) de máquinas, que en los países de punta se ocupan proporcionalmente más de los aspectos de diseño, "software" y ensamblaje, y menos de producción de componentes.

Por otra parte la tendencia puede ser a incorporar elementos nuevos, adicionales, a las maquinarias. Un ejemplo es el de incorporar herramientas con potencia propia o "motorizadas" en una segunda torre para permitir por ejemplo operaciones complementarias de perforaciones en una misma disposición ("set-up"); o en general, el operar centros de mecanizado más complejos, o crear otras máquinas de funciones combinadas.

Queda por fin por mencionar dentro de esta introducción general dos áreas de mejoramiento o avance que se tratarán en la revisión que sigue, basada en el contenido de los principales "surveys" o artículos de síntesis identificados en este estudio: se trata del importante mejoramiento intrínseco de los atributos de las máquinas en diversas dimensiones (precisión, confiabilidad, versatilidad, estabilidad, autonomía, etc.) y con referencia a la capacidad de funcionamiento sin intervención ("unattended"), característica esta última que según se verá influye a su vez en diversas características de diseño.

Según se anticipó, el método de exposición consistirá en extraer y poner de relieve los aspectos y conclusiones principales, de algunas publicaciones de importancia de tipo "survey" de tendencias y estado de la tecnología que han servido como puntos de referencia en los últimos años[240].

En ese sentido, en primer lugar se hará referencia al estudio quizás más completo del tema de máquinas herramienta de **corte**, que comprende 5 volúmenes y fue presentado en 1980 después de 30 meses de trabajo de cuatro grupos especializados. Se hará referencia al mismo abreviadamente como el "Task Force Report" (TFR)[241].

Los cuatro grupos de trabajo se orientaron respectivamente a los temas de mecánica, controles, precisión, y gestión y utilización de sistemas. No se tocó el tema de las herramientas de corte en sí mismas.

De los comentarios generales del TFR, puede extraerse lo siguiente respecto a la parte mecánica:

- Se consideraba posible introducir mejoras sustanciales en las máquinas herramientas convencionales en lo referente a **confiabilidad, producción, estructura, calidad de las piezas, duración del ciclo de producción, y facilidad de mantenimiento.**
- Se presentó una lista de 15 problemas técnicos críticos para los que los miembros de los grupos de estudio no conocían soluciones confiables de aplicabilidad general; tales problemas iban desde la necesidad de un método para cambiar con flexibilidad la distancia entre ejes de taladro en un cabezal multihusillo, hasta la necesidad de un método satisfactorio para control y eliminación de la viruta pasando por diversos problemas de cambio de herramientas sin detener husillos, instrumentos y

[240] Se emplea este método como alternativa frente a la imposibilidad de hacer una investigación directa ni una evaluación exhaustiva en que se tomara contacto con las empresas y países en que se producen constantes innovaciones. Por otra parte, el énfasis indicado en las formas de integración (FMS, etc.), de las publicaciones recientes, en la práctica ha marginado según se indicó, a los "surveys" integrales de otro tipo, v.gr., de todo el rango de problemas mecánicos.

[241] *"Technology of Machine Tools: A Survey of the State of the Art"*, Machine Tools Task Force, Lawrence Livermore Laboratory, Univ. of California, 1980 (5 volúmenes).

sistemas de medición, medición del desgaste de herramientas, verificación de programas de control numérico, predicción de vibración ("chatter"), etc.

- Se dio especial importancia al tema de la precisión, tanto porque se podía prever que aumentaría el número de piezas a ser producidas con tolerancias más estrechas, como en el sentido de que se requería asegurar la producción **repetitiva** de piezas precisas cualquiera fuera el grado de tolerancia fijado.

Aparte de los precedentes comentarios generales, los cuatro grupos de trabajo formularon 163 recomendaciones específicas. Por ejemplo, en lo referente al logro de una mayor productividad, señalaron el requerimiento de husillos, motores, rodamientos, y accionamientos, más rápidos, potentes y rígidos, sistemas mejores de colocación automática de herramientas, y estructuras de máquinas más livianas pero más resistentes a la deformación. Por otra parte, en lo referente a investigación, formularon recomendaciones para mejorar el conocimiento del proceso de corte (formación de la viruta, comportamiento de herramientas, transmisión del calor, deformación, sensores) y el análisis de fallas de funcionamiento.

A su turno, el volumen 3 del TFR trata en mayor profundidad los temas de mecánica. Al respecto parte como dato de las posibilidades abiertas por las mejoras en las herramientas de corte. Tales mejoras permitirían duplicar tanto las velocidades de corte como las de avance, y con ello, y dependiendo de la forma de aplicación y posibilidad de realizar el mecanizado en una sola pasada, aumentar las tasas de arranque de material en proporción que podría ir desde un 15 % hasta un 300 %. Todo ello implicaría sin embargo cambios en el diseño para asegurar mayores velocidades de rotación del husillo, mecanismos más veloces de avance, mayores fuerzas y cuplas, mucho mayor potencia aplicada, y mucha mayor rigidez estructural estática y dinámica. Todo ello implicaría efectos "en cascada" de rediseño, en cada elemento de cada máquina herramienta.

Un área a la que el TFR atribuyó la máxima importancia fue la de la estabilidad (en el sentido de precisión dimensional) frente al problema de deformación y vibraciones, que de no resolverse obligarían a limitar las velocidades[242]. A la vez se hizo notar que existía en ese aspecto una dimensión de **costo** de la estabilidad aún no explorada, en el sentido de que en numerosas máquinas convencionales, su desarrollo empírico sobre un período de casi 100 años, ha permitido lograr buenos resultados en materia de estabilidad —pero que quizás no se lo haya logrado en las condiciones más económicas—. Al respecto la comisión afirmó que la sucesión de pequeñas mejoras no sería una forma viable de diseño de nuevas máquinas herramienta con mayores tasas de arranque.

El grupo especializado propuso objetivos de diseño (no soluciones, sino metas para ingeniería de producto), a saber:

- Métodos de compensación o contrapeso para mantener dentro de determinados límites las deformaciones provenientes del (propio) peso.
- Suficiente rigidez para controlar deflexiones provocadas por la fuerza de corte.
- Minimizar las diferencias de rigidez.
- Evitar la resonancia de vibraciones.
- Asegurar la estabilidad ante las vibraciones, incluso por sistemas de amortiguación.

[242] Según se piensa actualmente, el tema estructural se ha de continuar tornando crítico en las nuevas estructuras tales como las de los centros de mecanizado, o en el caso de los robots.

- Facilitar el retiro de la viruta.
- Facilitar la carga y descarga de las piezas a trabajar.
- Sistemas rápidos de cambio de herramientas.
- Mejorar la hermeticidad para proteger a los componentes de precisión de daños y contaminación.
- Diseñar en forma tal de facilitar el mantenimiento.
- Considerar el transporte y la instalación (v.gr., la necesidad de fundaciones) desde el diseño.
- Considerar diferentes materiales estructurales.
- Otros objetivos concernientes a husillos, guías, sujecciones, sensores, conservación de energía, aplicación múltiple de herramientas, etc.

Se sugirió también la necesidad de utilizar la computación para lograr estos objetivos de diseño. En algunos campos además se recomendó se realizaran informes aún más detallados, por ejemplo respecto al arranque y retiro de viruta, la confiabilidad, las fallas, los sellos y otros medios para controlar el paso de líquidos y suciedad hacia mecanismos, rodamientos, o controles, etc.

El volumen 5º del TFR, por su parte, se abocó al tema de la precisión, afirmando que era una forma de conclusión adecuada del informe, ya que sintetiza muchos aspectos de los tratados en los anteriores volúmenes. Contiene un estudio, clasificación y descripción de tipos de errores en máquinas herramienta, así como métodos para su medida, y sugerencias para su prevención, complementándolo con una sección sobre metrología, orientada a asegurar la conformidad de las piezas con sus especificaciones.

El contenido de esta parte del TFR se resume en el énfasis en el "arranque **preciso, exacto**, de material" en oposición al mero "arranque rápido". Aún más, se considera la actividad de arranque como dispendiosa, indicándose que en la producción de alto volumen se debe intentar comenzar desde piezas forjadas, fundidas, o de pulvimetalurgia, todas de características "near-net" (semi o casi terminadas) reservando las operaciones de arranque para casos en que no haya otras formas de cumplir con las tolerancias. Se esperaba la disminución del arranque por máquinas herramienta en la producción en masa, y un énfasis mayor en la forma, dimensiones y terminación, de las piezas, y en sistemas de calidad que la aseguren durante todo el proceso (reemplazando el concepto artesanal que combina la fabricación y el ensamble, ajustando mediante operaciones adicionales sobre la pieza).

El informe del "Task Force" recién comentado ha servido más que nada como un catálogo de problemas a resolver, y líneas de investigación y mejoramiento.

Una segunda fuente de interés de observaciones más directas sobre el estado del arte y las tendencias en la industria de máquinas herramientas se origina en una investigación de ONUDI, que incluyó contactos en diversos países líderes con productores, ingenieros de producción, investigadores, y usuarios, en el campo de las máquinas herramientas[243]. Se presenta en primer lugar algunas de las principales ideas generales contenidas en tal informe:

[243] ***"Technological Perspectives in the Machine Tool Industry and their Implications for Developing Countries"***, **by S. M. Patil, UNIDO/IS. 332/2, 30.7.1982 (en 3 volúmenes). Versión resumida preliminar, UNIDO/IS. 230 del 20.5.1981.**

- El diseño de la moderna máquina herramienta implica la fusión de diversas especialidades (ingenierías mecánica, eléctrica y electrónica, metalurgia y otras).
- El diseño de estructuras de máquinas herramienta de alta rigidez, bajo peso y buenas cualidades de amortiguación lleva por ejemplo a estructuras que combinan materiales no metálicos y metales, para asegurar una adecuada estabilidad térmica, rigidez estática y dinámica, y buenas características en relación al desgaste y al ruido.
- Para disponer de accionamientos de alta velocidad y alta confiabilidad, y eliminar el ruido producido por los mecanismos de engranajes, se reemplazan dichos mecanismos por motores de corriente continua y especiales de corriente alterna que permiten variar su velocidad y/o un control preciso de posicionado ("fine steps").
- El progreso de los controles electrónicos confiere a los sistemas CNC muy altos niveles de confiabilidad.
- La necesidad de ahorrar materiales está implicando un desplazamiento de método productivo del corte a la deformación.
- La llamada crisis de la energía hizo que se preste una mucho mayor atención a la administración de la energía en el trabajo de los metales.

Analizando más en detalle esas y otras tendencias, el informe señala lo siguiente:

- Los principales parámetros de diseño estructural de las máquinas herramienta son el coeficiente de rigidez a peso, la frecuencia natural de vibración y el amortiguamiento, la estabilidad dimensional, y la estabilidad de largo plazo relacionada con el mantenimiento de la precisión de los alineamientos. Desde otro punto de vista, se debe mencionar la accesibilidad para carga y descarga; esta última consideración se refleja en el diseño de los tornos modernos de tipo de bancada inclinada.
- En cuanto a lo indicado sobre la estructura en sí misma, y también con referencia a la búsqueda de una alternativa más barata que la fundición de hierro, se investigaba el uso de estructuras soldadas de acero (con 30 % más de rigidez, menor precio y menor costo que las de fundición), concreto reforzado (aún más barato y con buena amortiguación) e incluso de piedra, como en el caso de una máquina para trabajar el diamante.
- En materia de guías se ha probado sistemas de fijación de guías a la máquina mediante adhesivos ("loctite'o resinas epóxidas) de menor costo que las guías maquinadas, y de fácil reemplazo.
- El trabajo a alta velocidad genera problemas de temperatura, desgaste, etc., lo que lleva al uso de rodamientos hidrostáticos, bajo presión de aceite o con presión de aire. A su vez en el deslizamiento sobre guías se recurre a rodamientos o rodillos.
- Para evitar deformaciones térmicas en la cabeza del husillo se recurre a la refrigeración a 20°C/25°C y a sistemas de compensación basados en variaciones de presión en los sistemas de rodamientos hidrostáticos.
- Las innovaciones en tecnología de semiconductores, servos, sistemas electrohidráulicos, etc., ha llevado al desarrollo de nuevos tipos de accionamientos de avance. Las máquinas modernas de control numérico y de descarga eléctrica llevan servomecanismos electrónicos de accionamiento de avance.

- La posibilidad de mecanizado a muy alta velocidad (5.000 a 6.000 rpm) basada en mejoras esperadas en las herramientas de corte abunda en implicancias para el diseño y aspectos mecánicos de las máquinas herramienta, reforzando algunos de los criterios ya indicados sobre estructura y promoviendo el uso de rodamientos aún más avanzados, el balanceo y mejor fijación de herramientas e insertos, la mayor utilización de cambiadores automáticos de herramientas, y de dispositivos de carga y descarga automática, etc.
- Entre otros temas adicionales al de la mecánica de la máquina herramienta, (parcialmente resumido en lo que precede), como el de las herramientas de corte, o los aspectos específicamente electrónicos del control numérico, el informe citado dedica especial atención a los métodos no tradicionales aplicados a materiales no corrientes, como las aleaciones y aceros usados en las industrias aeroespacial, nuclear y de comunicaciones, y casos que surgen además problemas y requisitos de calidad, maquinabilidad de formas complejas, etc. Según la forma de aplicación de energía esos métodos se clasifican en térmicos (y electrotérmicos), químicos (y electroquímicos) y mecánicos.
- En materia de deformación, se indica que la producción de las máquinas respectivas como porcentaje del total de máquinas herramienta, menor que 10 % hasta los años '50, aumentó a 25 % hacia 1979 y que la tendencia es a que prosiga el aumento, ya que los procesos de deformación ganan importancia para ahorrar materiales y energía como alternativa al corte de metales. Las principales tendencias incluyen diversos procesos no tradicionales de deformación "incremental" así como métodos de alta velocidad en el punzonado, como el "fine blanking" y otros basados en pulvimetalurgia.

En este informe de Naciones Unidas se pone también fuerte énfasis en la confiabilidad. La insistencia en la confiabilidad se relaciona con el obtener la reducción máxima posible de los tiempos muertos o de parada, exigida por el alto costo de la maquinaria, reducción a ser lograda mediante mejores sensores y seguimientos de variables, mantenimiento y reparación rápidos, fáciles y confiables y capacidades de diagnóstico propias y remotas.

Entre las publicaciones de síntesis posteriores al TFR y al informe citado de ONUDI, resulta a su vez interesante citar un conciso informe del **American Machinist** de enero de 1983, que destaca la convergencia de una serie de elementos hacia la configuración del CIM (Computer Integrated Manufacturing, o integración de la producción mediante la computación)[244].

El tema central del artículo es la tendencia percibida, o "llamado" generalizado, para integrar "los muchos y diversos elementos de ese caos conocido como producción discontinua de partes" para constituir "una corriente similar a la de los procesos continuos". Ello no significa sin embargo que falte en ese artículo el análisis específico de los aspectos mecánicos que se están tratando en esta sección, y es en especial a esa parte del trabajo citado que aquí se hará referencia.

En el artículo citado, dentro del subtítulo referido a "corte" se pone especial

[244] "'83 Outlook: Part 2, Technical: On the road to CIM", *American Machinist*, January 1983, 91-98. Este informe se refiere en parte a novedades de la exposición IMTS-82.

énfasis en la adaptabilidad de las máquinas y en el cambio automático de pieza trabajada y de herramientas. Sobre la forma de aumentar la productividad se señalan tres caminos (complementarios): (i) hacer funcionar la maquinaria más tiempo (lo que incluye dotarla de posibilidades de funcionar autónomamente durante 2dos y 3ros. turnos, lo que implica CNC, vinculado o no a un sistema de computación de nivel superior), (ii) aumentar la proporción del tiempo de contacto, o sea en que se está realizando el proceso de corte, y (iii) aumentar la tasa o productividad intrínseca de la operación de corte misma. Para aumentar la proporción de tiempo de corte se subrayó la necesidad de aumentar la capacidad del cambio de operación y/o de una pieza a otra sin pérdida de tiempo. Se observó también que se multiplicaban los modelos multihusillo, y además se observaba la extensión del rango de potencias y velocidades, y el aumento de la rigidez estructural. El cambio automático de herramienta, por su parte, se estaba extendiendo del reemplazo del tipo de herramienta a su reemplazo por desgaste, con mecanismos automáticos de inserción de herramientas afiladas en las torres, extendiendo a la vez esta posibilidad de los centros de mecanizado, que ya la poseían, a los tornos, en los que la vida de la herramienta es menor. Se debe señalar que diferentes proveedores ofrecían diferentes soluciones para estas necesidades, incluso, la robotización de algunas funciones periféricas. Finalmente, otra línea de aproximación residía en el mejoramiento de los materiales de corte (subtratos y recubrimientos) con materiales que incluyen carburos, aceros especiales, recubrimiento de nitruro de titanio, y uso del nitruro de silicio, cerámicos, etc., desarrollándose además diversos nuevos procesos para la operación de recubrimiento de la placa.

En materia de deformación, señala este informe, el foco de atención dejaba de ser la mayor velocidad y tamaño de las máquinas, para poner el énfasis en la versatilidad, y en innovaciones que redujeran los costos de producción reduciendo los tiempos de preparación, cambio, y manipulación y posicionamiento, con la extensión y perfeccionamiento de la mecanización de la manipulación de partes en proceso. El control de movimiento de las mesas con equipos dotados de láser, el corte con hojas de sección en L, el perfeccionamiento de los frenos, la automatización de cambios de herramientas y matrices, eran otras áreas de avance señaladas en el informe, lo mismo que el control y "monitoring" digital de las funciones de las prensas, el aumento del rango de velocidades en las prensas, el principio de la programación de movimiento de piezas y herramientas en el forjado, y la tendencia al objetivo de "near-net shape" (formas casi terminadas) en particular para ahorrar materiales caros en la industria aeroespacial (evitando el arranque de virutas). Se mencionan también diversas aplicaciones de computación y de métodos gráficos interactivos, en el diseño, cálculo de cargas y tensiones en matrices, en el control de cargas, y en la instrumentación y control del proceso de matricería.

Finalmente cabe hacer referencia a algunas manifestaciones más recientes que subyacen las implicancias que está teniendo para el diseño de las máquinas y en materia de perfeccionamiento de sensores, la tendencia al "unattended (o untended) machining"[245]. Se refieren, en cuanto al diseño, por ejemplo, al problema de variar en los tornos no sólo la pieza sino las mismas mordazas que la aseguran, lo que algunos fabricantes resuelven por robotización de los cambios de pieza, mordaza y herramental. Otros ade-

[245] Ver en "Manufacturing Automation" (suplemento del *Financial Times*), de febrero de 1985, "Machining Advanced Techniques Being Explored", por P. Mersh, y en el *American Machinist*, julio de 1983, el informe especial Nº 756 titulado "Sensors: the eyes and ears of CIM".

lantos se refieren a sistemas de dispositivos de sujección así como a la eliminación de la viruta para que no interfiera con el posicionamiento. Por otra parte se aplican microprocesadores conectados a computadoras así como cámaras de televisión con análisis de imágenes también por computadora, para el "monitoreo" de aspectos tales como rotura de herramienta, excesiva generación de viruta, etc. Se trata, al decir de uno de los informes citados, de "mantener en funcionamiento autónomo ininterrumpido a máquinas altamente productivas y de muy alto precio". En el mismo contexto, se debe agregar, varios informes se refieren al "adaptive control" en que el sistema de computación (CNC) alimentado con información referente a desgaste, introduce sobre la marcha y mediante funciones de "software" las compensaciones necesarias; pero sobre ello se afirma la necesidad de eliminar errores en su base, más que de corregirlos, excepto en lo que sea estrictamente corregir por desgaste.

Aparte de los "estados del arte" de tipo general como los ya citados, es numerosa la cantidad de informes especializados por tipo de máquina, por funciones fabriles, por proceso, por funciones de control, etc. A título de ejemplo, la gama de lo publicado en los años más recientes sugiere cuáles son las principales prioridades e innovaciones, y cubre los siguientes temas: centros de mecanizado, sensores, aplicaciones de pulvimetalurgia, control estadístico de la calidad, terminación en gran volumen, recubrimientos para herramientas de aceros rápidos y otros[246]. No cabe aquí la posibilidad de hacer su reseña, ni la de otras novedades de interés que aparecen en artículos y noticias breves, por ejemplo, sobre el corte mediante láser, guiado por computación, que facilita por ejemplo un corte más perfecto, y que abre la posibilidad de reemplazar el uso de todo un conjunto de herramientas por el sistema de láser[247]; o también, todo lo referente a medición, ensayo y metrología, para integrarlos a un nivel superior, apropiado a la "fábrica del futuro", etc.; pero se espera haber planteado una introducción suficientemente clara respecto a la intensidad de evolución de la tecnología mecánica en las máquinas herramienta.

2.2. Los sistemas de control

Según es conocido, una máquina herramienta para el trabajo de metales es, "una máquina impulsada por una fuente de potencia, no movible por el esfuerzo humano mientras está en operación, que trabaja los metales por corte, deformación, procesamiento físico, químico, o una combinación de esas técnicas". Una máquina herramienta de control numérico (MHCN), por su parte, es aquella máquina herramienta que puede realizar sus operaciones de acuerdo con un programa para cada pieza cuyos pasos sigue sin intervención de un operador. En las primeras versiones las instrucciones se codificaban

[246] Por ejemplo, *American Machinist,* Special Report 763, Feb. 1984, "What's New in Machining Centers", p. 95-112, Am. Machinist Special Rep. 756 (jul. 1983), "Sensors: the Eyes and Ears of CIM", p. 109-124; am. Machinist Special Report 754, May 1983, "The New Frontiers of Powder Metals", p. 121-136; Am. Machinist, Special Report 762, January 1984, "Statistical Quality Control", p. 97-108; Am. Machinist, Special Report 757, August 1983, "A New Look at Mass Finishing", p. 93-104; y American Machinist, Special Report 752, March 1983, "Coatings: Revolution in HSS Tools" p. 129-144.

[247] Ver, "System Test Started at Tsukuba Science City - Flexible Manufacturing System Complez Provided with Laser System", *JETRO,* August 1984.

mediante una cinta perforada. Las instrucciones dirigen la secuencia de operaciones, posiciones, avances, direcciones y velocidades de la rotación de husillos, etc.

A la fecha se registran ya algo más de 30 años de evolución en las MHCN, que han pasado a ser MHCNC (máquinas herramienta de control numérico computado) con la incorporación (externa) de minicomputadoras, realizada desde 1970, y de microprocesadores, desde 1974. Estos últimos bajaron notablemente de precio hacia 1980 por el progreso de la microelectrónica lo que aceleró la intensidad de su aplicación y la difusión del CNC, con apoyo en la ventaja de poder realizar por "software" la adaptación de una misma unidad de control a diferentes tipos y modelos de máquina. En las primeras etapas de desarrollo (1954-1970) el control numérico se basaba en componentes discretos, unidos por cables, de modo que la lógica y el programa no eran modificables por "software". Los componentes electrónicos evolucionaban dentro de ese esquema, pasándose de tubos de vacío, relés y cálculo analógico, a circuitos digitales con transistores, y hacia 1965, a circuitos integrados[248]. Hacia 1970 se transfiere la lógica a minicomputadoras. Los circuitos lógicos son reemplazados por "software", los programas se hacen modificables y las unidades de control se hacen aplicables a diversos modelos de un tipo de máquina o a otros tipos de máquina. En 1974 se incorpora el microprocesador, con circuitos cableados, hacia 1980 se trabaja con circuitos VLSI ("very large scale integration", muy alta integración) y se incorporan memorias de burbujas de alta capacidad, y monitores (pantallas de video), prosiguiendo luego el avance técnico, entre otras, en las áreas de programación y de ingreso de la información, que se simplifican. En la etapa CNC el desempeño del CN pasa a depender en mucho del "software".

Uno de los efectos del microprocesador es la extensión desde 1980 del CN (en su versión CNC) a una gama amplia de máquinas de corte y deformación. Anteriormente se concentró su aplicación en los tornos grandes y centros de mecanizado. La aparición del procesador facilitó por otra parte la aplicación de CN a máquinas preexistentes ("retrofitting").

Debe además notarse que el fenómeno del microprocesador no se limita al CNC sino que es aplicado en funciones más simples, y/o en máquinas más simples. Nuevos tipos de controles (controladores programables) reemplazan a válvulas, relés, interruptores (la antigua "lógica cableada"); y, por sobre todo, se debe notar que todos estos elementos son integrables en flujos de información digital y ello es lo que da la posibilidad de integración de operaciones de diversos equipos de manipulación y de trabajo bajo control general por computación, basado todo ello en "software" y en un sistema universal de comunicación. Por otra parte el uso del microprocesador permite integrar el control al cuerpo de la máquina, reduciendo las necesidades de espacio, haciendo más fácil la operación de la MH CNC y facilitando además la posibilidad de su desplazamiento físico.

Son numerosas las áreas y aspectos técnicos en que se concreta la capacidad, diferenciación y progreso técnico de los equipos CNC. Se mencionará concisamente los que aparecen como más destacados en la literatura:

Memorias. Se utilizan memorias de semiconductores, RAM ("random access") ROM ("read only") y otras. En las tipo ROM no se puede cambiar el "software", pero

[248] Ver Watanabe, op. cit., p. 6, tabla 1.

con el RAM se tiene CNC de "software" variable. Las memorias de tipo ROM y derivadas se utilizan para el "software" de sistemas y de control.

Complejidad y dimensiones. La complejidad se mide por los grados de libertad ("Nº de ejes") que el sistema puede controlar; la gama de dimensiones y costos tiende a ampliarse, siendo económicamente importantes los desarrollos de bajo costo y mayor simplicidad que han aumentado la "accesibilidad" de la tecnología. Por otra parte, en el extremo superior de la gama de productos aumenta la complejidad y sofisticación.

Ritmo de obsolescencia. Por el progreso técnico en el área de control el "Task Force Report" consideraba que se crearía un desfasaje entre la obsolescencia del sistema de control (3 a 5 años) y la vida útil (mecánica) de la máquina, sugiriéndose la necesidad de "retrofitting" de nuevos controles durante dicho período de vida; pero puede también pensarse que la utilización mucho más intensiva de las máquinas puede haber hecho variar esos conceptos (vida más corta).

Soporte lógico y programación. Se trata de un área clave y muy activa. Se desarrollaron diversos lenguajes de programación que generan movimientos mecánicos complejos a partir de instrucciones simples y además se desarrolló un "software" especializado para apoyar la programación. Un objetivo al que atribuía gran importancia el TFR era la intercambiabilidad de los programas de mecanizado de piezas, es decir, poder lograr piezas idénticas en máquinas diferentes con un mismo programa. En general se plantea toda una problemática de estandarización de lenguajes y de comunicaciones de datos. Por otra parte, la programación "off-line" puede complementarse con programación en el mismo taller. Un sistema por ejemplo permite que el operador realice una pieza manualmente y quede con ello registrado el procedimiento como programa; pueden por su parte darse las instrucciones por teclado, y en el caso de procedimientos interactivos a través de una pantalla, el operador-programador va definiendo el trabajo a través de un "menú" de opciones (presentación progresivamente desagregada por preguntas en pantalla) que va ofreciendo el sistema. Por otra parte, los CNC con mayor capacidad de memoria permiten almacenar programas para partes, "offset data" (datos de base, v.gr., largo, radio de herramientas) utilizables en la reanudación de operaciones, etc. Otro aspecto a citar es finalmente el énfasis en diagnósticos y en sensores, requisito para "untended operation"[249]. Un aspecto clave es que se tiene la posibilidad de reprogramar el microcomputador para que actúe como un "tester" o equipo de pruebas de la propia MH. Diversos "tests" se hacen con la máquina en funcionamiento, y otros cuando no está en producción. Diferentes problemas en la maquinaria, en la programación, del mismo sistema de control, en los niveles cuantitativos de determinadas variables, en las posiciones y alineamiento de piezas, dan origen a mensajes de alerta, detenciones, etc. Un proveedor por ejemplo clasifica los errores según 8 niveles de gravedad, y define en consecuencia diferentes tipos de medidas correctivas. Otro ofrece dos centros (uno en EE.UU. y otro en Europa) en los que una computadora residente especializada en mantenimiento recibe consultas telefónicas del equipo CNC para resolver problemas de mayor complejidad.

DNC. DNC o "Direct Numerical Control", es la denominación dada a una configuración en que se conecta un grupo de máquinas de control numérico a una computadora

[249] *American Machinist,* Special Report Nº 744, April 1982: "NC Diagnostics", (por R. L. Hotscheck), p. 161-168, y "Sensors: The eyes and ears of CIM"' *American Machinist,* Special Report Nº 756, jul., 1983, p. 109-124.

central que puede almacenar y suministrar programas y datos, y en general recibir, almacenar o transmitir, así como para presentar en pantalla y "editar" programas, instrucciones y datos relacionados con el proceso de control numérico.

2.3. Robótica

Debido a la difusión literaria o cinematográfica de mecanismos más o menos antropomórficos que recibieron el nombre de "robots", se hace necesario reiterar que los robots industriales hoy en aplicación son en su casi totalidad básicamente brazos articulados con ciertas capacidades de movimiento, potencia y control de operaciones, y no más que eso. La definición norteamericana indica que un robot es un "manipulador multifuncional reprogramable". El instituto japonés de estandarización (JIS) en cambio llama robots a una gama de 6 tipos de manipuladores: manuales (con intervención de mano humana), de secuencia fija, de secuencia variable, imitativos ("haz como hago", con microprocesadores), bajo control digital, y finalmente, los dotados de sensores, capacidad de reconocimiento, etc. La mayoría de las aplicaciones conocidas se encuentran entre el 2º y 5º de los niveles indicados[250]. Se debe notar que a diferencia del equipo a control numérico, los robots reemplazan mano de obra no especializada.

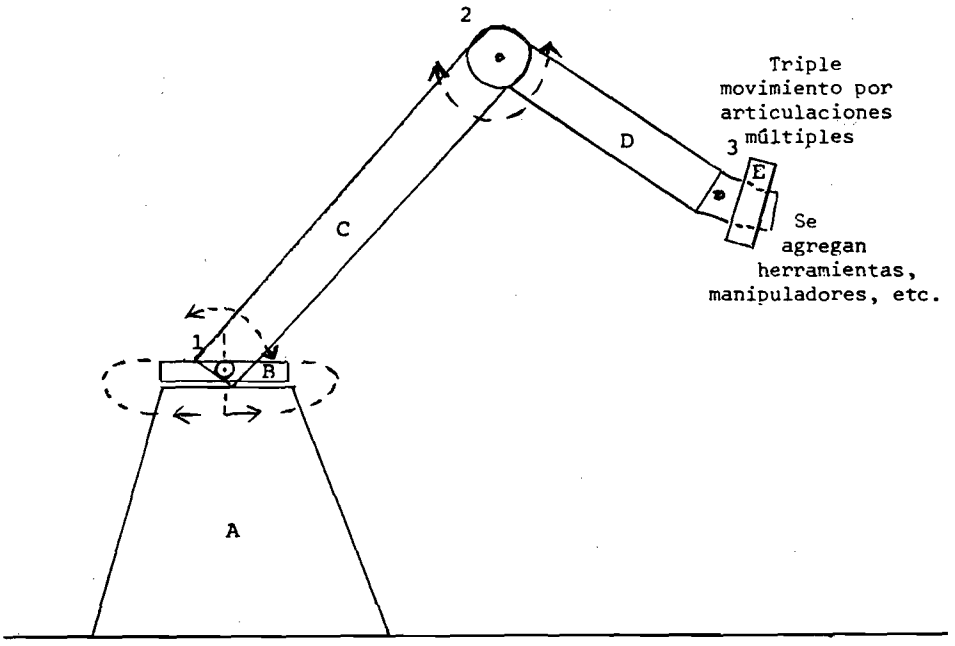
La versatilidad o capacidad del robot se mide por el número de ejes (o grados de libertad) y también por el volumen que pueden abarcar sus movimientos. Para visualizar el tema de los ejes, se puede considerar el diagrama de la Figura 5.2. que representa una base A, fija, un elemento B, al cual se une el segmento C del brazo, y a su vez a éste los segmentos D y E. El elemento B permite el giro de toda la estructura articulada en conjunto alrededor de un eje vertical, es decir un giro "plano", o paralelo al piso, de toda la estructura B-C-D-E (1er. grado de libertad). En los puntos 1 y 2 los ejes de giro son horizontales, es decir, en el diagrama "saldrían" perpendicularmente del papel y el movimiento alrededor de ellos, en la posición del diagrama, sería, en realidad, una inclinación en un plano vertical, representado aquí por el papel (según lo indican las flechas), lo cual representa dos grados más de libertad en el "hombro" y "codo" (puntos 1 y 2) del robot. Finalmente, el punto 3 ("la muñeca") puede tener tres articulaciones sucesivas que permiten otra inclinación (plano del papel), una flexión perpendicular a la inclinación (fuera del plano del papel) y un movimiento rotacional, como de torsión, en el extremo (3 grados de libertad, totalizándose en este ejemplo "6 ejes").

Una empresa sueca a su vez ha desarrollado un modelo de robot que en lugar de parecerse al hombro/brazo/muñeca humanos, se parece a la columna vertebral o espina dorsal (se lo llama "robot espinal") lo que le da la apariencia de un tubo flexible y torsionable capaz de adoptar formas irregulares para ingresar y trabajar, por ejemplo en el interior de una carrocería de automóvil.

La potencia de los robots la suministra un sistema externo, generalmente hidráulico o electromecánico. El equipo de control es también una unidad externa, en general electrónica. Los parámetros de interés son la capacidad de carga, velocidad, aceleración

[250] La diferencia de definiciones entre Japón y otros países ha dado lugar a distorsiones estadísticas, aunque en general ya se tiende a corregirlas.

FIGURA V.2



y desaceleración, capacidad de manipulación, programabilidad, confiabilidad, "percepción" y diagnóstico.

Existe más de una forma de clasificar los robots por generaciones: una de ellas es según actúen en mera manipulación simple, en procesos, o en montaje o ensamble. En manipulación el robot toma la pieza. En proceso, el robot lleva una herramienta, cabezal, o instrumento que ejecuta el proceso (soldadura por puntos, pintura, etc.). Pero otra forma de clasificar generaciones se refiere a la estructura: a partir de los primeros ensayos (1ra. generación), la incorporación de microprocesadores (2da. generación) y el agregado de sensores, capacidad local de procesamiento, etc. (3ra. generación, muy incipiente).

La forma de conducción puede ser de lazo abierto o de lazo cerrado (con "feed back") y el control es punto a punto según interesen determinadas posiciones, o continuo, cuando interesa toda la trayectoria.

En la automatización flexible de la producción metalmecánica el papel más frecuente o típico del robot es el de asistir o apoyar a máquinas aisladas o en células y líneas de producción. En Japón un 10 % de las ventas de máquinas herramientas se realizaban ya hacia enero de 1983 con el complemento de un robot[251]. Los fabricantes de robots que van a ser parte de células o de estructuras más complejas a automatizar en la producción flexible por lotes de productos, además de suministrar el robot (el "hardware") se

[251] S. Jacobsson, op. cit., p. 17.

orientan necesariamente a suministrar el soporte lógico ("software") y a la integración. (Los controles se adquieren de firmas especializadas o los fabrica el mismo productor del robot).

Se señala por otra parte que para "robotizar" un proceso se debe pensar en ello desde el diseño conceptual **del producto**, integrando el desarrollo del producto, la ingeniería de manufactura y el proceso en sí de manufactura, considerando además el movimiento y almacenamiento de materiales, y aprovechando los sistemas de apoyo gráfico computado como el CAD y CAM, que se analiza seguidamente.

2.4. Los sistemas gráficos electrónicos

La sigla CAD es la abreviatura de Computer-Aided-Design, o diseño asistido por computadora, donde la palabra "design" o diseño tuvo, cuando se originó esta expresión, un sentido más próximo al **dibujo** que a la actividad de **ingeniería de diseño** (precisamente, un método difundido de evaluar la productividad de la unidad CAD solía consistir en preguntar "a cuántos tableros" reemplazaba). Se trata básicamente de sistemas gráficos "interactivos" (a través de pantalla y controles) apoyados en la computación. Tiene aplicación potencial y real en ingeniería, arquitectura, geología, diseño electrónico, industria aeroespacial (donde se originó), etc. (su aplicación al diseño mecánico se verá más abajo). Su aplicación se aceleró con el acortamiento de ciclos de vida de diversos productos mecánicos, que requirió rediseñar más frecuentemente tales productos o introducir sustitutos.

Los elementos fundamentales son el puesto de trabajo o terminal, o estación (work station)[252], la computadora central, y el "software". El puesto de trabajo comprende teclados, pantalla, y uso de lápiz electrónico, y con el tiempo ha adquirido grados crecientes de sofisticación, que se puede describir en términos de capacidad de memoria, capacidad de procesamiento local (o sea en el mismo puesto de trabajo), y tipo de pantalla monitora (monocromática, color) y otras salidas (impresoras). El puesto de trabajo representa un costo fijo del sistema, que es "hardware-intensive".

Su memoria "local", (es decir la ubicada en la propia terminal) inicialmente inexistente, pasó en 1980 al nivel de 64 k, y en 1984 al nivel del "megabyte" o mayor. La pantalla monocromática pasa a ser color, y/o de mayor número de líneas. El gran avance se da sin embargo en el poder (también local) de cómputo. De un nivel inicial nulo, o incipiente hacia 1980 pero que ya aliviaba en algo la tarea de la computadora "propiamente dicha" o externa y permitió así conectar un mayor número de terminales) se pasó a los sistemas de 16 bits y 32 bits, transformándose la estación en un terminal de ingeniería, del nivel de una computadora personal, con aumentos en memoria, en velocidad y en poder de procesamiento; estas terminales permiten operaciones y cálculos en tres dimensiones y más avanzados (matrices para rotar figuras), interactúan con la computadora principal, etc. Tienen sistemas operativos modernos, operando la terminal en tiempo real.

La alta capacidad de procesamiento permite incorporar una variedad de paquetes

[252] Pueden en algunos casos simples usarse una computadora personal, e incluso prescindir de la máquina central o de apoyo.

de "software" con los que se supera ampliamente la condición original de instrumento de dibujo. Se trata principalmente de representaciones en geometría de tres dimensiones (reemplazando otros sistemas basados en superficies o retículos), y que son justamente las requeridas en diseño mecánico (otras aplicaciones se realizan en diagramas de dos dimensiones); sistemas de cálculo por elementos finitos (subdividiendo la representación de un sólido según volúmenes geométricos básicos); y animación cinemática, cálculos de masas, centros de gravedad y momentos de inercia, construcción virtual de prototipos para simulaciones, etc. Para el diseño mecánico es un punto clave disponer del modelo geométrico en tres dimensiones ("solid modeling") de donde parten otras aplicaciones[253]. La combinación del método gráfico (que permite replantear rápidamente los diseños) y la batería de soporte lógico de computación y simulación, etc., ha llevado a generar la expresión CAE, "computer aided engineering", ingeniería asistida por computación, como paso más allá del CAD.

En particular, en sistemas integrados, el "software" CAD/mecánico puede combinarse con rutinas de programación para control numérico. Se puede crear el programa de instrucciones para CNC por un sistema interactivo que parte de la información CAD de diseño, y va ofreciendo la selección de tipo de máquina, herramienta, materiales, avances, velocidades de corte, y luces ("clearances"). Así se constituye en teoría[254] una integración CAD-CAM, (CAM, "computer assisted manufacturing"), es decir cuando el sistema genera automáticamente las instrucciones de mecanizado, pudiendo incluso "animarse" (dotar de movimiento) a las imágenes en la terminal de video para verificar y evaluar la trayectoria de corte.

Por otra parte, y como adelanto de la explicación de la metodología de "grupos tecnológicos" en la sección 2.5, es posible indicar que ya se plantea en lugar del CAD general, el CAD especializado por familias de partes, más efectivo en relación a su costo para ciertas aplicaciones[255]. Por su parte, como servicio integral tendiente a la integración global, se ofrece el CADLINC, con terminal propia de tecnología avanzada de 32 bits, comunicaciones por red local (LAN) con sistema Ethernet, 2.8 Megabytes de memoria local, facilidades de aplicación simplificadas ("user friendly") y menor costo[256].

2.5. Organización de métodos de producción y técnicas de grupos tecnológicos

En el área de la producción mecánica, discontinua, organizada por lotes de un número limitado de cada tipo de pieza, la programación y control de la producción, incluyendo la organización de talleres, carga de máquinas, linearización, etc., es un problema clásico de organización y métodos. Los estudios de casos del capítulo segundo han puesto de relieve la importancia del aprendizaje de estos aspectos de la tecnología.

[253] Ver *Machine Design,* 8 de noviembre de 1984, artículo de J. K. Krouse, citado y parcialmente reproducido en UNIDO, *Microelectronics Monitor,* Nº 12, diciembre de 1984.

[254] Se dice aquí "en teoría" para no subestimar las exigencias prácticas de procesamiento, memoria, y sobre todo soporte lógico (software) que se puede suponer involucra esta integración (CAD-CAM) tan simple en principio.

[255] *American Machinist,* setiembre de 1983, p. 75.

[256] "Shop floor Automation Heads for the UK", by G. Charlish, *Financial Times,* 21.1.1985, p. 17.

Como tema de máximo interés por su repercusión en la productividad, o en la aplicación de aún otras metodologías de diseño y organización (CAD, líneas y sistemas flexibles) ha recibido recientemente mucha atención la metodología de Grupos Tecnológicos, mientras que aún más recientemente se ha difundido un concepto global de manejo del flujo de materiales, componentes y producción, denominado alternativamente "sistema Kanban" a partir de su origen japonés, o sistema "just-in-time" ("justo a tiempo").

Sobre este último se indicará aquí solamente que como lo indica gráficamente su nombre, se trata de perfeccionar la organización y la realización de la producción de modo de coordinar con gran precisión las etapas y los suministros o entregas entre etapas de producción, o de contratistas, eliminando inventarios, reduciendo los ciclos de fabricación, etc. Evidentemente es un sistema de muy altas exigencias ya que no sólo involucra internamente a la empresa terminal sino, en cascada, varios niveles de subcontratación[257]. De todos modos no se cuenta con suficiente información a su respecto (métodos, resultados) como para profundizar su presentación, por lo que el resto de esta sección se dedicará a profundizar en el tema de los GT (Grupos Tecnológicos).

La metodología de GT es "una forma de organizar y utilizar la información sobre similaridades de elementos (a fabricar) para aumentar la eficiencia de la producción en lotes chicos ('batch')"[258]. Se trata de racionalizar la producción con base en esas similaridades. Hatzel y Brown señalaron a su vez que una de las causas principales de problemas de manufactura (en planificación de procesos, definición de herramientas, programación de máquinas, tiempos y costos de preparación, tasas de desperdicio de material, y altos costos de control de calidad) reside en las limitaciones existentes para la recuperación de información referente a pasadas experiencias[259], y opinan además que si se agrupan partes que tengan parecidos en su diseño o en su proceso de fabricación (v.gr., agrupando 1.000 partes para constituir 50 familias) se logra una reducción muy significativa en la cantidad de problemas a enfrentar en diseño o manufactura.

En esta metodología (GT) las familias o partes o componentes se agrupan sea por similaridad en el diseño (forma, tamaño, etc.) o por similaridad en el proceso de fabricación. Cuando se trata de **diseños similares**, la información puede utilizarse para reducir variedad redundante, y para evitar tener que rediseñar lo que ya existe, basándose en la recuperación sistemática de los diseños archivados. Por su parte los "miembros" de una familia **organizada por el criterio del proceso de fabricación**, no se parecen necesariamente en su geometría sino en las operaciones de proceso que tienen en común, por lo que pueden prepararse hojas de proceso comunes para esas familias de partes, reduciéndose la cantidad de rutas en el taller, así como los tiempos de preparación y de proceso mediante el paso sucesivo por las máquinas de elementos de una misma familia, e incluso mediante la reorganización de la disposición de la planta, con el establecimiento de células de producción dedicadas.

En los EE.UU. los autores citados han detectado usuarios de GT en muy diversas

[257] Watanabe, op. cit., p. 23 y siguientes.

[258] Nancy Lea Hyer, "Management's Guide to Group Technology", en *"Group Technology at Work"* (compilación de N. L. Hyer para Society of Manufacturing Engineers, 1984). El artículo citado se publicó originalmente en el *Operations Management Review,* Winter 1984 (vol. 2, Nº 2).

[259] A. Hatzel y C. S. Brown, *"A Management Overview of Group Technology",* CASA/CME Wester'82 Conference, incluido en *"Group Technology at Work"* (op. cit.), p. 4.

industrias (aeroespacial, automotriz, de maquinaria agrícola, de motores, de bombas, de máquinas herramienta, etc.); a menudo los mismos son además usuarios activos de computadoras en planeamiento y control de producción, así como de los métodos MRP ("materials requirements planning"). No existen según dichos autores tamaños determinados de usuarios, estos incluyen por igual plantas grandes y pequeñas.

Un tema importante que surge en esta metodología es el del sistema de clasificación y codificación, para lo cual hay sistemas generales ("proprietary" y "non proprietary"), o desarrollados por las empresas, que lo han hecho así porque han encontrado el inconveniente de tener que modificar los sistemas estándar cuando los han utilizado. Los autores citados, Hatzel y Brown, consideran que es viable crear buenos sistemas de clasificación que contemplen a la vez características de diseño y de producción y que constituyen la base para integrar los GT, con el CAD y el CAM (ya tratados en la sección anterior)[260].

Se considera que una vez establecido el procedimiento de recuperación de diseños ya fabricados, se limita la creación de nuevos componentes; con códigos de GT se puede llegar a identificar partes muy similares y combinarlas. Otra aplicación es la estandarización. Por otra parte más del 50 % de un grupo de firmas encuestadas en los EE.UU. utilizaba GT en conjunción con CAD; para todo ello Hatzel y Brown asignaban gran importancia a la codificación.

En la aplicación a la producción, en cambio, la codificación no parecería esencial. En este tipo de aplicación se trata de desarrollar un denominador común en términos de diagrama de proceso para una familia, obteniéndose después la ruta de proceso de un componente individual como una variante del programa básico. Para nuevos componentes al planificar el proceso no se parte de cero sino del proceso básico correspondiente a la familia. Otras aplicaciones consisten en la definición común de herramental, en la preparación de instrucciones de control numérico, y en la definición de subgrupos de máquinas dedicadas a determinadas producciones (equivalente a definir una célula de producción sin replanteo físico de la disposición de planta)[261].

2.6. La integración a diversos niveles

Más allá de las reseñas referentes a problemas y tendencias referentes a aspectos unitarios dentro de la mecánica y/o la aplicación de la electrónica, como los examinados en las secciones 2.1. a 2.5., se observa que en las reseñas tecnológicas generales y literatura técnica más recientes se centra la atención y el énfasis en la integración de los sistemas productivos de elementos discretos, donde las siglas más generalizadas son CAM, FMS ("Flexible Manufacturing Systems"), AMES (Automated Manufacturing Equipment and Systems), y otras.

En los artículos de revisión técnica ("surveys") y en suplementos especiales de periódicos económicos y financieros del medio internacional, se afirma con insistencia que la integración es el principal punto de atención de los fabricantes de maquinaria. En otras palabras, parecerían decir que los fabricantes dejaron de lado o dieran por re-

[260] Hatzel y Brown, op. cit., p. 7.
[261] N. L. Hyer, op. cit., p. 24.

suelta incluso la automatización de la función de transformación o del puesto de trabajo, volcando todo el énfasis en la automatización de planta.

Es difícil contradecir a observadores tan bien ubicados internacionalmente, o acusarlos de sensacionalismo, pero el mismo análisis de publicaciones técnicas sugiere que también se trabaja intensamente en la mecánica y en el control de la maquinaria individual, aunque es justo reconocer que al hacerlo se presta especial atención a la "integrabilidad" o incorporación de la mecánica en un conjunto más amplio automatizado. Por su parte, las estadísticas indican que recién en 1984 se alcanzó un total superior, acumulado, de más de 100 instalaciones FMS en el mundo. Objetivamente, por lo tanto, hay menos de concreto que lo que se está anunciando, lo que no excluye un eventual próximo período de rápido crecimiento[262].

No parecen faltar buenas razones para que interese la integración productiva. Más allá de las ventajas atribuibles a cada elemento o equipo particular de la nueva tecnología, es moneda corriente entre los especialistas esperar que los máximos beneficios se obtengan al nivel de "systems gains", o sea al nivel de actuación como sistema, caso en que las ventajas totales obtenidas por integración serían mayores que la suma de las ventajas de implantaciones aisladas. Por otra parte en los campos parciales, o equipos individuales, de la automatización flexible, ya hay productos maduros y empresas fuertemente establecidas, mientras que el proceso de integración puede tomar esos elementos realizándose con base en ellos una función de ingeniería de procesos para diseñar el sistema integrado por parte de usuarios, o de empresas de ingeniería, o de los propios fabricantes de la maquinaria, que también se interesan por ocuparse de la integración productiva. Interesa notar al respecto que frente a la concentración de la innovación y el liderazgo productivo del nivel "unidad de maquinaria" en Japón y otros países, la aplicación de FMS exige un esfuerzo de ingeniería local sumamente importante[263].

En los términos más concretos de las modalidades de fabricación a que se aplicarían, Bessant en su reseña sobre los FMS distingue como casos extremos las fabricaciones de alto volumen y baja variedad (basadas en máquinas transfer, automatización "rígida" y los viejos métodos de organización industrial como los de Taylor) y fabricaciones de alta variedad y bajo volumen, resueltos por el CNC, con cambios y preparación a nivel de "software" más que al nivel de las máquinas en sí mismas. Da además como ejemplo extremo el de la fabricación, por sistema CNC, de prototipos[264]. El autor citado considera que existe una franja intermedia de lotes que pueden incluir desde 10 unidades a algunos miles de las mismas, que no justifican la "automatización rígida" pero que superan las posibilidades del maquinado en puestos individuales, aún a nivel CNC. Se refiere al respecto a las conocidas causas de ineficiencia y problemas creados por la producción en lotes pequeños y medianos: baja utilización del equipo, bajo tiempo real de procesamiento, extensos ciclos de permanencia en planta de los materiales que son elaborados, excesiva cantidad de máquinas, excesivo uso de mano de obra directa e indirecta (esta última "persiguiendo" ("chasing") los lotes por la planta), imposibilidad de operar en

[262] Parece prudente recordar, por su parte, que estamos refiriéndonos a un "despegue" global, que puede tener que demorarse mucho más en llegar a los países en desarrollo.

[263] Aunque también por su liderazgo en la aplicación de esos métodos en un país como Japón puede acumularse la experiencia necesaria para ofrecer los sistemas integrados para terceros.

[264] John Bessant, "Flexible Manufacturing Systems: An Overview", *Microelectronics Monitor*, Nº 12, Supplement, UNIDO, December 1984, p. 3 y siguientes.

turnos nocturnos, excesivos inventarios de piezas en proceso ("work-in-progress"); o excesivos requerimientos de espacio, de stocks, de materiales, y/o de productos terminados, si se intenta compensar otro factores mediante la producción de series más largas; y finalmente, la posibilidad de deterioro de la posición competitiva si se decide "racionalizar" reduciendo la cantidad de líneas de productos. Todo ello lleva a considerar sistemas diferentes.

Como lo señala otro autor, P. Kinnucan[265], el FMS puede ser programado (y reprogramado) para variar los procedimientos, para fabricar una diversidad de piezas, para incorporar cambios en los diseños y para incorporar nuevos componentes a la fabricación, logrando volúmenes agregados de producción capaces de justificar el costo del sistema flexible, aún partiendo de volúmenes individuales reducidos de cada pieza que se produzca.

Desde el punto de vista de la factibilidad, puede observarse que las máquinas y equipos individuales (máquinas CNC, células DNC, manejo automatizado de piezas y del herramental) así como la metodología de grupos tecnológicos, ya disponibles, hacen técnicamente posible en los últimos años pasar a la etapa de su integración. Al mismo tiempo se debe subrayar que a pesar de que existen algunas ofertas de FMS "llave en mano" en el mercado, el FMS no responde a una configuración dada ni puede ser objeto de una compra "de catálogo". Se trata de un enfoque de la producción mecánica que se traduce en la práctica en un proyecto, realizado según el rango y tipo de piezas a fabricar, su tamaño, forma y peso, las tolerancias de fabricación, etc. Por ejemplo, se prestan hasta ahora mucho más a la producción en líneas flexibles las piezas prismáticas (montadas sobre dispositivos que permiten su traslado y sujección para ser trabajadas en diferentes caras) que las rotacionales o cilíndricas[266].

En concreto un FMS se define en forma muy amplia como:

- un conjunto de máquinas herramienta potencialmente independientes,
- un mecanismo de transporte,
- un método global de control que coordina las funciones de máquinas herramienta y el sistema de transporte, en forma tal que se pueda operar con flexibilidad.

Dentro de ese amplio ámbito cabe también una amplia variedad de enfoques individuales para lograr el equilibrio entre una alta producción que por sus condiciones no permita cambios rápidos, y una gran flexibilidad con la consiguiente reducción del volumen producido[267].

En comparación con otros niveles de integración puede señalarse que el FMS se distingue del DNC, que controla la maquinaria directa de proceso a nivel de una célula, en que el FMS incorpora el control de la manipulación, y la planificación y programación global del proceso —lo cual es en gran parte factible debido al bajo costo a que se ha llegado en los controles de las máquinas herramienta y otros controles de proceso—. Formarán parte también de la tecnología de estos sistemas las líneas de comunicación

[265] P. Kinnucan, artículo de *"High Technology"*, July 1983, resumido en Microelectronics Monitor Nº 10/11 de abril-set. 1984 (no se indica título).

[266] Aiming for Flexibility in Manufacturing Systems, Special Report Nº 720, *American Machinist*, March 1980, pp. 167-182, p. 167.

[267] *American Machinist*, Special Report Nº 720, op. cit., p. 167-168.

y el "software" de sistema. Por su parte el sistema general de computación que dirige el proceso tiene información en cada instante sobre donde está ubicada cada pieza y qué proceso le está siendo aplicado. El sistema de computación dirige el avance de la pieza, el proceso a que se la somete, la herramienta utilizada, el instrumental de medición que se le aplica, etc.

A su vez, como ejemplo de una tendencia general a que los desequilibrios o avances en un aspecto de la tecnología vayan causando nuevos desarrollos y mejoras en otros aspectos de la misma, se puede señalar con base en lo precedente que la automatización de los procesos presiona sobre la logística de manufactura, a la vez que aparecen soluciones como los robots que resultan complementarias de esa automatización de proceso, al integrarse una celda con los mismos y con una o más máquinas de producción.

Con respecto a la difusión de los FMS ya se ha indicado que en 1984 había poco más de un centenar de los mismos en el mercado. Se trata de proyectos, en general del orden de los varios millones de dólares[268], aunque se defiende ya su factibilidad para empresas menores y/o se ofrecen sistemas llave en mano. En teoría un sistema puede diseñarse e instalarse ad-hoc, o crearse en forma gradual o aún adquirirse sobre la base de completar un diseño parcial o, en cambio, como se adelantó, "llave en mano". Así lo indican por lo menos las noticias y comentarios de revistas especializadas, pero también debe reiterarse que quizás en un área incipiente y con experiencia limitada como es ésta, pueden no valer aún las generalizaciones. Algunos puntos firmes de interés parecen sin embargo ser los siguientes:

- pocas compañías piensan en instalar un sistema nuevo completo, más bien se busca integrar equipos CNC que ya poseen.
- en el desarrollo del FMS tiene particular importancia la interacción de usuarios y proveedor.
- los Grupos Tecnológicos son un elemento considerado importante para organizar el sistema.
- la materialización de las "ganancias de sistema" ("system gains") exige también una exitosa integración de sistema. Ello a su vez implicaría realizar paulatinamente experiencias parciales exitosas en distintos niveles de integración, organización y "software", así como resolver problemas de compatibilidad, capacitación, etc.
- un área clave sería la de los sensores. Se requiere por otra parte la justificación financiera de una más importante inversión.

Como ejemplo de los plazos implicados en la automatización de alto nivel de integración puede citarse un proyecto interno de una filial IBM de Gran Bretaña, orientado al ensamble flexible, con almacenes controlados por computación y que contará con 30 robots. La viabilidad exige introducir criterios de factibilidad de la automatización ya en el diseño, v.gr., reduciendo el número de componentes, o rechazando materiales o terminaciones de los productos que puedan generar problemas en producción; se plantea avanzar por la vía de crear "islas" de automatización (como una línea de producción

[268] El proyecto de modernización de la planta de locomotoras de General Electric es de más de 300 millones de dólares; como primer paso se creó una línea flexible de 16 millones de dólares (*Financial Times*, 14.4.1983, p. 8).

dirigida por computadoras para una determinada unidad o subconjunto) y luego integrarlas. El plazo global del proyecto es de 10 años[269].

En conclusión, en la perspectiva actual, se reconoce que la implantación de los FMS requiere etapas piloto de aprendizaje y se plantean deliberadamente los procesos de aprendizaje requeridos para eventualmente dominar la instalación, y la fabricación en sistemas flexibles, llevados a escala completa. En algunos enfoques se considera la célula (de un solo proceso, o multiproceso) como la unidad o módulo en que se puede desarrollar los aspectos de colocación de dispositivos, movimiento de piezas, mediciones, seguimiento, etc., como parte del "aprendizaje" indicado.

Se debe destacar que de las publicaciones analizadas surge una tendencia marcada a considerar que los problemas de la automatización integrada son más conceptuales y gerenciales que tecnológicos. Por otra parte pueden mencionarse algunas observaciones adicionales del artículo de Kinnucan ya citado:

- En cuanto a procesos específicos, aparte de la aplicación al mecanizado, una siguiente etapa requeriría la organización en FMS de procesos de forja, remachado y ensamblaje.
- A nivel del proceso físico de transformación, la incorporación de rayos láser, descarga eléctrica, y otros procedimientos innovativos, podría enriquecer a los sistemas flexibles. Por ejemplo, la realización de diversas operaciones diferentes por rayo láser evitaría los cambios de herramienta.
- Deberían producirse cambios en el sistema de control de calidad, pasando de los sistemas estadísticos a la inspección automatizada 100 %, junto con seguimiento constante de las piezas mismas y de las herramientas para detectar el desgaste.
- El proyectista o diseñador debería desarrollar una nueva sensibilidad respecto a los requisitos de fabricación. Por ejemplo en una gran empresa de turbinas se redujo la cantidad de diámetros autorizados a especificar para el taladrado, de varios miles, a un centenar. Ello reduce no sólo la cantidad de diámetros de broca a comprar y almacenar y administrar sino que simplifica el sistema productivo al reducir el número de opciones a manejar.

Este último punto ilustra por otra parte una medida de racionalización, que sin duda podría tomarse independientemente de la automatización de la planta. Se suele encontrar justamente en la literatura este tipo de comentario, en que se considera al FMS como un enfoque o aproximación a mejorar la organización de la producción y no sólo como una combinación de maquinarias.

Adicionalmente se debe mencionar el efecto de la tendencia a la integración sobre las máquinas y elementos individuales, ya que en vista de la tendencia, (anunciada o efectiva) a la integración, los fabricantes se preocupan por ofrecer equipos NC/CNC compatibles, y conectables a la corriente general de información y procesamiento.

Finalmente, convendrá cerrar esta sección con una referencia a los niveles más amplios de integración, que según lo ya adelantado, se relacionan con las siglas CAD/CAM, CIM, etc.

El ideal de quienes proyectan el futuro de esta industria es el de integrar un flujo

[269] *Financial Times*, 23.8.1984.

conceptual y físico de ideas, procedimientos de diseño y programación y control, materiales, partes en proceso, y terminadas, en una sola corriente regular que permita alcanzar escala, regularidad y eficiencia.

Se debe advertir por otra parte, que es obvio que la abundante literatura, seminarios y referencias periodísticas, en gran parte son de nivel especulativo sobre "lo que puede ser", dado el avance de las tecnologías de computación, automatización del transporte y el almacenaje[279], que crean toda una serie de posibilidades. Sin embargo, en concreto parece poderse definir un nivel, consistente en el CAD/CAM, caracterizado por el traslado de la información o base de datos generada en el diseño, a la etapa de programación del equipo de control numérico. Debe pensarse además que el FMS puede o no implementarse dentro de una modalidad CAD/CAM según cual sea el uso de CAD (o CAE) en la empresa o rama metalmecánica de que se trate.

Por otra parte la metodología de Grupos Tecnológicos puede también estar presente o no en la ejecución de los sistemas integrados FMS, en el CAD, o en ambos. Es decir, hay poca rigidez "a priori" sobre las combinaciones de técnicas.

Finalmente, se puede reservar la denominación CIM ("computer integrated manufacturing") para sistemas que integren desde los sistemas de información gerenciales, hasta los diversos procedimientos automatizados aplicados a la producción, tanto en forma directa como en forma indirecta, estos últimos a través de la computación e informática de gestión de compras, materiales y almacenes (la logística), el almacenamiento y transporte automatizados, etc. Al respecto haremos referencia nuevamente al diagrama V.1, que se puede interpretar como una presentación de una serie de rutas alternativas para lograr diferentes estrategias y opciones: no se trata de un "PERT" que indique secuencias obligatorias pero sí se puede pensar que sugiere con un cierto grado de aproximación las etapas o caminos de acumulación de experiencia y de puesta en marcha de subsistemas relativamente autónomos que eventualmente puedan converger hacia la meta del CIM.

3. Agentes y estructuras en el escenario internacional de las nuevas tecnologías

La descripción técnica de la maquinaria, sistemas y tecnologías contemporáneas y sus tendencias, vista en la sección 2, adquiere su pleno significado cuando se analiza también el desempeño de los países y de las empresas en el mercado mundial y las características que toma este último. Para los países y empresas de América Latina el medio internacional representa el origen de la nueva tecnología y/o de las importaciones de equipos avanzados, así como el destino de sus eventuales exportaciones y el medio al que debe referirse su mayor o menor competitividad. Está claro que se requiere un conocimiento preciso de ese medio para determinar las estrategias viables, y una vez que se acota el rango de esas posibles estrategias, se puede precisar aún mejor el tipo y nivel de información externa necesaria para desempeñarse como país o como empresa según el grado de inserción externa a alcanzar.

[270] No se ha hecho referencia detallada a la tecnología de estas áreas, que tienen su "hardware" (estático o de movimiento), su "software" (diseño de sistemas de control), su apoyo de computación, etc., pero debe entenderse que también en ellas se opera todo tipo de innovaciones, por ejemplo el desplazamiento en planta de vehículos guiados, automatizados, etc.

Parece útil dentro de este tema comparar cómo se le aparecería al empresario latinoamericano el medio externo hace varias décadas y en la actualidad: cuando la industria local de máquinas herramienta iniciaba su desarrollo por ejemplo, en Argentina y Brasil, las empresas de los países desarrollados se caracterizaban por ser empresas nacionales, exportadoras, pero poco internacionalizadas por otros caminos que el del comercio, y dependientes en gran parte en su avance técnico de habilidades personales en diseño y fabricación y la acumulación de experiencia, tanto es así que diversas empresas estudiadas en América Latina se iniciaron sobre la base de personal experimentado, así como de algunos ingenieros, de origen europeo, que tenían como referencia una experiencia rica pero de gran corte artesanal en sus países de origen. Véase al respecto los estudios de casos del Capítulo 2.

Actualmente, en el nuevo desplazamiento de la frontera tecnológica, y en gran parte por la intervención de la electrónica y ante la particular forma de producción y competencia del Japón, el ambiente internacional y los patrones de referencia son diferentes. El cambio tecnológico consistente en la incorporación de microelectrónica parece, por consideraciones cualitativas[271], y por la integración y economía de sistemas, si no por los ahorros de mano de obra (que parecerían poder obviarse en países de bajo salario), prácticamente ineludible; afecta paralelamente a las áreas y equipos de gestión, diseño y producción; reúne e integra tecnologías, implica una convergencia interdisciplinaria y un mayor peso de la ingeniería e investigación formalizadas; promueve la participación convergente, junto con las empresas mecánicas, de "actores" productivos provenientes de campos aparentemente remotos como la electrónica, comunicaciones, y computación, así como de las propias ramas productivas usuarias; incorpora sus propios adelantos a su sistema de fabricación (máquinas que hacen máquinas); y tiene diferentes requisitos de financiamiento (por ejemplo para niveles mayores de I + D + I)[272] y de visión estratégica en la gestión de la empresa. El cambio técnico muy rápido acelera la sucesión de "generaciones" de productos, y, en general, crecen las barreras de ingreso de nuevos productores al mercado.

Por otra parte, en un medio económico internacional signado por dos recesiones importantes (1974-75 y en los años 1980) surge sin embargo, el empuje de la industria japonesa como el rasgo quizás principal, afectando a las de los restantes países líderes con grados de penetración comercial de hasta más de 50 % en sus mercados internos de CN, liderando la innovación técnica y la definición, promoción y captación de nuevos submercados, y transformándose en fuente general de licencias de tecnología y en origen de inversiones. Por ejemplo, ya en 1979 se comentaba cómo la penetración japonesa en el mercado de EE.UU. tomó por sorpresa a los fabricantes norteamericanos, más conservadores[273]. Por empezar, se consideraba que las ventajas comparativas de Japón se encontraban en bienes de producción masiva y no en máquinas herramienta. Los productores japoneses basaron su ofensiva en pronósticos correctos de crecimiento de determinados mercados de productos, y en la subsiguiente concentración de esfuerzos en los mismos. Huelga señalar la influencia al respecto del MICI (Ministerior de Industria y Comercio Internacional). Influyeron también la mayor concentración y el tamaño que desarrolla-

[271] Factibilidad de determinados diseños, precisión y calidad, requisitos de los mercados de exportación, etc.

[272] Investigación, desarrollo e ingeniería.

[273] *Financial Times*, 30.10.1979.

ron las empresas y sus vínculos con las de electrónica. Se ha sugerido además que las empresas japonesas restringen su competencia fuera del país, repartiéndose los mercados externos. En 1983 los empresarios norteamericanos solicitaban que se establecieran restricciones cuantitativas al comercio (cuotas). Otros factores de penetración fueron la saturación de la capacidad productiva de EE.UU. (grandes empresas de MH tenían plazos de entrega de dos años) y la oferta japonesa de entrega rápida de equipo mas barato, de menores dimensiones, y confiable, alcanzando en 1982 el 50 % del mercado norteamericano de CNC (tornos y centros de mecanizado)[274].

Todos los países industrializados debieron reaccionar según lo impuso la presión japonesa. En el Reino Unido se negoció la restricción voluntaria (japonesa) de exportaciones en 1982 cuando Japón ya alcanzaba el control de 50 % del mercado británico de centros de mecanizado y 39 % del de tornos de control numérico. El proceso de racionalización en Gran Bretaña llevó a despedir a 15.000 de los 45.000 trabajadores de esta rama y a tomar licencias y participaciones de los propios japoneses, lográndose una cierta recuperación entre otras razones atendiendo localmente la demanda de centros de mecanizado de una nueva generación de subcontratistas, en una industria en que las empresas terminales parecen orientarse (en lo referente a fabricación, no en diseño), al ensamblaje[275]. En Alemania Federal, en un ambiente recesivo para el sector, en 1982 y 1983 se estimaba que en promedio las compañías locales tenían capacidad subutilizada y probablemente pérdidas financieras. La R.F.A. exporta 2/3 de su producción, y en el mercado interno la penetración japonesa era baja pero en el mercado de maquinaria bajo control electrónico la penetración japonesa alcanzó 40 % en 1981, aunque se la consiguió reducir a 31 % en 1982[276]. En Francia algunas de las principales empresas del sector se han visto cercanas a la quiebra y han sido precisamente los japoneses quienes han sido considerados para tomar control de la empresa afectada en alguno de los casos[277].

Respecto a aspectos cuantitativos de la coyuntura internacional, la producción global sufrió caídas en 1982 y 1983, alcanzando la declinación en los EE.UU. el 50 % en 1983, y en Japón y Alemania Federal respectivamente un 12 % y 11 %. La Unión Soviética se mantuvo relativamente estable, y su proveedora especializada, Alemania Democrática, aumentó su producción, al igual que Bulgaria. Corea del Sur aumentó en 1983, y Taiwán comenzó mal pero se recuperó. En Suecia se recogieron los beneficios del éxito exportador y de órdenes de la industria automotriz. Brasil sufrió un tercer año de recesión en el sector, atemperada quizás por una orden lograda para exportar a Irak (7 millones de dólares)[278]. Información más reciente indica que Japón desde 1976 aumentó sus ventas del ramo en 200 % a la vez que redujo su personal en 7 %; y que en 1984 Japón aumentó en 31,8 % las ventas de sus compañías (en EE.UU. aumentaron también 25,8 % pero en Alemania Federal, Italia, Francia, Reino Unido, Alemania Democrática y Unión Soviética, cayeron[279].

[274] En la sección 1 de este capítulo se han presentado datos globales cuantitativos sobre producción y comercio mundiales.

[275] *Financial Times,* 8.11.1984 y 3.4.1985.

[276] *Financial Times,* 23.3.1983.

[277] *Financial Times,* 8.11.1984.

[278] A. Ashburn, "Machine-tools post a slow year", *American Machinist,* febrero 1984, p. 74-78.

[279] *Financial Times,* 13.6.1985.

Parece quedar poca duda sobre la notable influencia japonesa en esta fase del desarrollo global del sector. Con referencia a otros países importantes, en el área socialista, Alemania Democrática presenta logros interesantes aunque no comparables a los occidentales en aplicación de microelectrónica e incluso en FMS y robots[280]. Por otra parte, en otros países de Europa occidental se han encarado fusiones y especializaciones para lograr la competitividad internacional.

Al nivel de la participación empresaria, y como consecuencia de los requerimientos técnicos y económicos que plantean las nuevas tecnologías, se producen dos movimientos de interés en una escena internacional que, si se observa los principales mercados, se halla que tiende a unificarse a través del comercio y de las vinculaciones empresarias.

En primer lugar, el movimiento de convergencia de empresas sigue al de convergencia de tecnologías, en el sentido de que empresas de diferentes orígenes tecnológicos tratan de valorizar sus particulares capacidades adquiridas en cada campo técnico cuando la tendencia técnica en sí es a integrar, v.gr., computación, electrónica y comunicación. Los fabricantes de máquinas herramienta, los de unidades de control, los de computación, los de sectores electromecánicos, y además los usuarios pioneros-cuyo "capital" es la experiencia en elementos productivos, como los robots, o en la integración de sistemas, en sus propias plantas–, compiten entre sí y con empresas especializadas. Así, en CAD, IBM obtuvo ya un lugar preponderante, frente a las empresas de esa área, que incluyen en el grupo líder a Intergraph y Computervision, y además a General Electric, que ingresó por adquisición de CALMA.

En robótica participan IBM; Volkswagen y Renault (automotrices); Cincinatti-Milacron (máquinas herramienta) y General Electric y Westinghouse (eléctricas/electromecánicas); Westinghouse adquirió Unimation; y todas las firmas citadas compiten entre sí y con los especialistas (ASEA de Suecia, Trallfa de Noruega, las empresas japonesas, etcétera).

En el campo de la integración de sistemas la expectativa era también un pronto avance de empresas como IBM o GE pero se informa que en 1984 los fabricantes de máquinas herramienta y los especialistas en movimiento de materiales obtuvieron los principales proyectos de FMS, lo que por lo menos posterga la perspectiva indicada[281].

La segunda dimensión de la competencia y entrelazamientos de diversos intereses es la de la extensa lista de acuerdos empresarios internacionales incluyendo inversiones, licencias cruzadas, licencias simples, etc. Un rasgo importante lo constituyen la inversión directa japonesa y las licencias concedidas por Japón en EE.UU. y Europa, reflejando tanto el liderazgo de ese país como su anticipación de que se le apliquen restricciones comerciales. En el Anexo de este capítulo se presentan más de 30 casos de combinaciones empresarias, en procesos, servomotores y controles, CAD/CAM, aplicación de láseres, máquinas herramienta, proyectos CIM, utilización de componentes, etc., entre empresas japonesas, norteamericanas y europeas.

También se observa un crecimiento del tamaño de las empresas en Japón, Europa y los EE.UU.; la integración de algunas de ellas para incorporar la parte electrónica a la

[280] *Financial Times*, "East German Machine Tools, Challenge To The West", 8.4.1983, y *American Machinist*, mayo de 1983.

[281] *Financial Times* del 5.2.1985, suplemento sobre "Manufacturing Automation", p. 5.

mecánica; incorporación de líneas de productos, como los centros de mecanizado, por los fabricantes de tornos, etc. Existen diferentes razones que concurren a generar esos procesos, entre ellas las nuevas escalas mínimas eficientes (en investigación, comercialización internacional), los requisitos de financiamiento, etc.[282]. Ello afecta según se verá las barreras de ingreso al subsector de control numérico, mayores que las relativas a las máquinas convencionales por razones de tamaño, capacidades técnicas, etc.

Los Estados nacionales no dejan de tener un papel en esta evolución. No están involucrados directamente en la producción o investigación, pero sí en la **defensa** de industrias nacionales (v.gr., pedidos de restricción voluntaria de exportaciones a Japón), y en la **promoción** del uso de las nuevas tecnologías con centros de ensayos y demostración, o financiamiento parcial de estudios de consultoría. A su vez varios estudios de importancia sobre los equipos (maquinaria) y sobre la industria han sido generados por ramas de la defensa norteamericana, que tomaron como su responsabilidad la disponibilidad de buena maquinaria productiva y la modernización de la industria que la produce, como un eslabón importante en la cadena de equipamiento para la defensa. Por otra parte, la microelectrónica avanzó especialmente por efectos de la carrera espacial y la competencia militar, y según ya se ha señalado fue también en esos contextos en que primero se proyectó el sistema de control numérico para la producción de elementos de formas complejas y especificaciones muy exigentes.

Habiendo hasta aquí llamado la atención sobre los actores y el escenario internacionales, falta ahora replantear la relevancia de todo esto para América Latina. Al respecto es inmediato que todo depende de lo deseable y de lo posible que sea una mayor o menor inserción internacional de las industrias de MH de los países de la región, que como viéramos en el capítulo anterior están disminuidas por la retracción de inversiones que implica caídas drásticas en la demanda de bienes de capital, y con necesidad de rehabilitación.

Un enfoque de análisis de esa problemática, quizás muy influenciado por la experiencia de Japón y por las buenas condiciones para la expansión internacional de los países del Sudeste Asiático, es el que refiere globalmente la problemática del tema a las barreras de ingreso a los mercados internacionales y la forma de superarlas. Las barreras de ingreso en el campo de los equipos CNC son mayores que en los equipos convencionales, por requisitos de escala y de capacidades técnicas, así como de integración hacia la electrónica si se pretende una estrategia innovativa[283]. El enfoque que se está comentando considera por ejemplo que en tornos CNC hay submercados con diferentes tipos de competencia y que corresponden a distintos tipos de estrategia: el de equipos para empresas medianas y pequeñas (de los países industrializados), basado en competencia de costos, y con requisitos mayores de escala; el mercado de equipos de alto desempeño, superior capacidad de corte, precisión, y rigidez estructural, con menores requisitos de escala para la producción; y los mercados de máquinas por encargo, producidos tras su especificación en estrecha comunicación entre el comprador y el vendedor[284]. En este último tipo de especialización interesan especialmente los contactos con (y confianza

[282] Ver Staffan, Jacobsson, "International Trends in the Machine Tool Industry - Implications for Argentina", Working Draft, UNIDO, 23.11.1984, p. 13 y p. 15.

[283] S. Jacobsson, op. cit., p. 13 y siguientes.

[284] S. Jacobsson, op. cit., p. 19 y siguientes.

de) las empresas usuarias líderes y la capacidad de ingeniería de diseño. En sus trabajos sobre Argentina, Staffan Jacobsson recomienda una política de corte liberal, que prescinda de la protección y aumente la competitividad mediante un gran esfuerzo de ingeniería propia sobre la base de licencias internacionales, llevando la escala y condiciones de producción al nivel requerido por la estrategia de competitividad por costos, como paso inmediato a dar, pasando después, tal vez, a las otras estrategias. En nuestra opinión Jacobsson simplifica exageradamente las opciones disponibles. En la próxima sección se planteará una más amplia aproximación al tema de la frontera tecnológica y al cierre posible de la brecha que hoy se observa. Sólo después de ese análisis se tratará en un capítulo final, y con la amplitud debida, el tema de las políticas a adoptar.

4. Algunas reflexiones sobre la frontera y la brecha tecnológica

En los capítulos precedentes se analizó tanto la expansión como la declinación de la capacidad tecnológica en las industrias metalmecánicas de América Latina.

Como un paso más en el acercamiento a conclusiones de política industrial, en esta sección final del capítulo se formularán algunas reflexiones sobre fronteras y brechas tecnológicas en el mundo y en América Latina, y sobre la necesidad y perspectivas de cerrar en una medida significativa estas últimas.

Sobre la noción de frontera tecnológica caben algunas aclaraciones previas: (i) es quizás más una nomenclatura cómoda que una precisa delimitación. Nadie puede trazar en un diagrama geométrico una línea (o plano o hiperplano) que categóricamente constituya una separación entre lo conocido y lo desconocido, en parte porque la noción del universo tecnológico no está tan precisamente formalizada y en parte porque nadie posee la información completa sobre la frontera, que como abstracción reúne conceptualmente datos técnicos muchos de los cuales en la práctica están bajo control de actores muy diferentes (ii) se debe distinguir entre conocimiento ya aplicado plenamente y el de investigación o el de prototipo. La frontera podría desdoblarse en sus niveles correspondientes a esas distinciones, pero resultará más relevante considerar el conocimiento ya incorporado a la producción como el que constituye la frontera, lo que no impide por su parte examinar la brecha o diferencia en actividad de investigación como un aspecto determinante; (iii) en vista de la reciente experiencia parece conveniente distinguir dos tramos de la brecha: la brecha total entre la frontera, y el estado de la tecnología en uno de los países estudiados (Argentina, Brasil, etc.), se compondría de dos tramos, el **estructural**, que es la distancia entre la frontera internacional y el potencial del país en cuestión determinado por sus recursos humanos, su pasada experiencia productiva y tecnológica, etc. y el **coyuntural**, o brecha entre el potencial y la realidad, debida a la interrupción "exógena" del proceso de asimilación y desarrollo tecnológicos internos, pero presuntamente recuperable en base a la información técnica accesible (libre o por licencias), a la capacidad técnica básica y de inversión, y la capacidad de aprendizaje ya demostrada[285].

[285] Si se "aprendió a aprender" la brecha hoy puede cerrarse más rápidamente que hace 30 años, especialmente con mayor inversión tecnológica en recursos internos y externos.

Desde el punto de vista de la política pública ese enfoque permite plantear dos temas: el de una recuperación parcial pero potencialmente rápida, que sería el cierre de la brecha coyuntural, y el de la posterior administración de una brecha estructural controlada y realista cuando tanto la frontera internacional como la posición nacional se van desplazando secularmente.

En lo que sigue se bosquejarán algunas ideas para hacer operativo el concepto de brecha y analizar en alguna medida la problemática de su reducción y administración posterior.

4.1. Conceptos operativos referentes a la brecha tecnológica

Se trata de plantear en forma muy simple, poco más que enumerativa, las múltiples dimensiones, en alguna medida además dependientes entre sí, en que se puede visualizar la "brecha". Dada la diversidad de tipo de productos y funciones, y formas de integración de los mismos en las actividades de diseño y de producción, líneas y plantas, se hará presente aquí que la misma matriz de análisis se aplicaría a un tipo de máquina (torno, fresadora), a un proceso o actividad y a su equipamiento (uso del CAD, por ejemplo) y al nivel de integración de la planta, analizado anteriormente en 2.6.

En un orden fijado arbitrariamente, ya que interesan, en más o en menos, todas las dimensiones de la brecha[286], la primera que se planteará es la **brecha de uso** es decir la aplicación de máquinas herramienta y sistemas avanzados en la producción. Este parámetro indica familiaridad con el equipamiento moderno, demanda, capacidad para su mantenimiento (y para su programación si se tiene comando numérico) y por ser equipo usado en la misma producción de maquinaria, en gran parte en la de máquinas herramienta, indica capacidad de proceso para producción de ciertos niveles de avance. Por otra parte el usuario experimentado es un elemento crucial en la especificación de requerimientos, y la retroalimentación de información al productor.

La brecha de uso, de demanda, de aplicación, se puede medir por la pequeña proporción del parque instalado mundial de máquinas con control numérico, que representan, sumadas, Argentina (del orden de 400), Brasil (unas 1.000) y México (600). Esto no representa ni el 1 % del total mundial. Por otra parte la incorporación fue rápida en períodos de subvención de las importaciones por tasas de cambio artificiales mientras que la utilización posterior en medio de una gran recesión es lógicamente escasa. En robótica existen algunas aplicaciones en industrias automotrices, principalmente. El CAD se aplica poco, y principalmente en empresas de ingeniería o producción por órdenes (industria naval) más que en producción seriada metalmecánica.

La falta de uso, en general, retrasa la mayor familiarización con los equipos así como la conformación de capacidades de programación, mantenimiento y reparación.

Respecto a los aspectos de la brecha referentes a la moderna **tecnología mecánica** en sí misma, se ha opinado que "el arte del mecanizado a alta velocidad, de gran produc-

[286] Se podría hablar de brechas genéricas, visibles, en uso, producción e investigación, y en un segundo plano pero no menos reales, y de relevancia, las brechas en recursos humanos, capacitación, actitud y estructura empresaria, apoyo oficial, etc., que explican y determinan la "brecha global". En este breve análisis sólo se tomarán los aspectos más salientes relevantes para las políticas públicas.

tividad, con máquinas pesadas de altas tasas de corte de metal, motores de alta potencia, etc., es irrelevante y desconocido en países en desarrollo, aún los de reciente industrialización, o NIC"[287].

En general, la brecha de uso limitaría fuertemente la existencia de una demanda cuantitativamente importante y que promueva la producción de equipos más avanzados tanto en lo electrónico como en lo mecánico, a la vez que priva a la industria de un interlocutor importante (el usuario experimentado) para el diseño de su oferta de máquinas —poniendo por otra parte también a cargo del presunto productor la tarea de difundir e impulsar el uso de las nuevas tecnologías.

Con referencia a la **brecha de productos** (que para nosotros incluirá también la brecha de diseño y la brecha electrónica) se debe por supuesto descontar la parte correspondiente a la falta de suficiente demanda por equipos especiales, de mayor poder, etc., que aún en épocas favorables ha limitado el rango de productos fabricados por la industria latinoamericana, orientada por otra parte principalmente a su mercado interno.

Según se ha visto algo más arriba, la tecnología actual de las máquinas herramienta comprende tanto la mecánica como la electrónica, y es a ambas a que se ha de referir este análisis, acotado además por el criterio indicado de la relevancia de producir determinados equipos en América Latina, en función de su uso, escalas mínimas requeridas, sofisticación excesiva, innovación demasiado reciente, etc.

Con referencia a la parte mecánica, no se cuenta con inventarios de tipos de maquinaria que se haya llegado a producir y sus especificaciones técnicas. Sin embargo, en vista de las tendencias y alcance del desarrollo pasado y la posterior recesión ya analizada, en las mismas fechas y en un contexto internacional en que la "Task Force" identificó una serie de lineamientos con los que, por lo visto en secciones anteriores, coincidió gran parte del desarrollo internacional reciente, más la variedad de otros avances a que también se ha hecho referencia, más, además, el avance en costo, confiabilidad, equipos de menor tamaño y mayor difusión, de Japón, es necesario suponer que la brecha específica en materia de la tecnología mecánica de la máquina herramienta en estos años de fuerte declinación de la industria regional se ha ampliado, y que puede ser relevante el siguiente comentario formulado en general respecto a los países en desarrollo hacia 1982: "los tipos de máquinas herramienta producidos... en los países en desarrollo requerirán quizás nuevos diseños adaptados a mayores velocidades, más rápidas alimentaciones, mayores fuerzas y cuplas de torsión, potencia significativamente mayor, mayor rigidez estática y dinámica, y adaptabilidad para el uso del control numérico"[288]. Si bien la falta de un "survey" cuantitativo y sobre todo cualitativo actualizado de modelos y prestaciones ofrecidas hoy por los proveedores de América Latina impide verificar si se ha avanzado ya en esos sentidos y aunque por otra parte no existe otra evidencia de que esas son las direcciones convenientes de desarrollo (aunque resulta muy plausible que lo sean) parece en principio claramente fundada la presunción de una brecha importante y creciente en el tipo, diseño, parámetros, y prestaciones de los productos.

Al mismo tiempo, y anticipando en parte algunos conceptos correspondientes

[287] Ver Patil, op. cit., vol. III, p. 403. Se debe notar sin embargo que la investigación de campo de Patil es de 1981 o anterior.

[288] Patil, op. cit., p. 446. Existen por otra parte brechas específicas en la maquinaria de deformación, y en los métodos no convencionales (Patil, p. 420 a 422 inc.).

al cierre de este capítulo, es posible mencionar que en por lo menos una experiencia de asimilación de tecnología adquirida en el exterior, la empresa local pudo realizar sin mayores problemas la necesaria programación y adaptaciones para producir determinados elementos de máquina que representaban una innovación productiva y nuevos desarrollos de subcontratistas, lo que llevaría a concluir que la brecha mecánica, en cierto rango de exigencias y contando con información técnica externa, puede llegar a cerrarse significativamente.

Con respecto a la producción del control numérico de máquinas herramienta, la experiencia regional se reduce prácticamente a lo realizado en Brasil en forma de "joint-ventures" con empresas extranjeras en el área de control numérico; en Argentina a la fecha se conocen anteproyectos basados en licencias y probable promoción estatal. En general el avance regional en la parte electrónica del CNC es muy incipiente.

Al mismo tiempo debe advertirse que aparte de la brecha de productos, referida a los tipos de productos (convencionales, y de control numérico, y dentro de cada una de esos aspectos), existen brechas parciales en la **composición de la producción,** en los costos y **competitividad,** en los sistemas y organización de **diseño,** en la **electrónica,** y en la organización de **comercialización internacional,** a las que será relevante hacer por lo menos una breve mención.

En lo referente a **composición de la producción,** ya se ha visto cuál es la (muy limitada) participación de los productos con comando numérico. Por contraste, se reitera que el porcentaje de máquinas de control numérico en el total de la producción de los países de la OCDE ha aumentado fuertemente, y que en tipos de máquina como los tornos alcanza del 60 % al 80 % según los países. Conviene agregar que al bajar el precio de las máquinas CN/CNC, se ve afectado además el mercado remanente, tanto internacional como local, para los productores latinoamericanos de maquinaria convencional.

De la brecha **de costos** o **la** de **competitividad** debe señalarse que en parte es consecuencia de deficiencias tecnológicas y de organización productiva, y en parte de problemas de escala, subcontratación, insumos a precios por encima de los internacionales, tasas de cambio, etc., y que el acercamiento a la frontera técnica, la mayor adecuación de los modelos a lo que requieran los mercados interno y externo, etc., pueden verse frustrados si los productos no resultan competitivos fuera del mercado local.

Respecto a la brecha en **capacidad de diseño,** es poco lo que se puede decir por no disponerse de una encuesta general reciente. De los estudios de casos y entrevistas personales en Argentina se puede inferir que, (a) existen limitaciones para calcular por ejemplo estructuras de máquinas grandes y complejas, (b) cuando se ha ido acumulando experiencia en un rango de modelos, y no hay exigencias que lleven el diseño al límite de la solicitación, no se plantea ese problema, (c) por lo general existen planos de conjunto y de piezas, así como documentación y normas, en muchas empresas, (d) si bien existen aún problemas, no se debe pensar en solucionarlos por vía del CAD, sino organizando la información por familias, y mediante la standarización y normalización, (e) el real problema lo plantea el medio, ya que la falta de proveedores de elementos normalizados puede obligar a diseñar lo que en otros países podría adquirirse.

En electrónica aplicada —unidades de comando para MH— se cuenta con la experiencia de Brasil, que ha incorporado su producción mediante empresas mixtas, mientras que en Argentina es altamente probable que se inicien algunas producciones, con con-

tratación de licencias. La preferencia de las empresas por la asociación con empresas extranjeras o la adquisición de tecnología se relaciona con la amplitud de la brecha y la inexperiencia local, con el acceso a "software" y experiencia acumulada, con el acceso a componentes en condiciones de primera línea en precio y calidad (garantizadas por el poder de compra del licenciante) y con la velocidad de cambio técnico internacional en ese segmento de la tecnología. La **brecha electrónica y de "software"** parece ser mayor y menos manejable que la mecánica. La automatización no ha trascendido aún al puesto de trabajo (alimentación, acoplamiento con robot) ni al nivel inter-puestos de trabajo, ni por supuesto a las celdas o líneas flexibles. En todos estos últimos casos (correspondientes a la brecha en **integración de sistemas**), que por otra parte tienen también un moderado ritmo de avance en los países más avanzados, no se ven perspectivas de producción ni de "hardware" ni de "software" por un tiempo, lo que no descarta alguna incorporación a nivel de aplicación.

La **brecha de división del trabajo** y sistemas de producción parece evidente que se ha ensanchado al renovarse prácticas de autofabricación y en lo interno al descuidarse, en condiciones recesivas, lo referente a organización productiva, equipamiento, etc., pero con cierto optimismo puede pensarse que en un contexto de recuperación no sería un cuello de botella el reaprender lo ya aprendido, y aún mejorarlo por medio de grupos tecnológicos y automatización flexible, aplicada a la producción por lotes, a costa de inversiones en ingeniería de producción, nueva capacitación de personal, etc., en combinación con la reactivación de empresas que han sido líderes en la materia. El esfuerzo parece posible. A la vez, debería recuperarse y expandirse la capacidad de subcontratación.

En materia de comercialización internacional, si bien este no es un tema estrictamente tecnológico (podría hablarse de una tecnología de la comercialización) debe sin embargo señalarse la diferencia entre la empresa latinoamericana que quiere ingresar a mercados como el de EE.UU. frente a las empresas europeas y asiáticas que ya tienen una fluida comercialización e identidad en los mismos.

A nivel de rama industrial, finalmente, la producción adolece en primer término de un problema de heterogeneidad empresaria, en que según se vio en el capítulo 4 sólo un número reducido de empresas parecería estar en condiciones de pensar en una actualización tecnológica adecuada.

Más aún, se ha señalado, en especial en las secciones 2.6 y 3, que aún a nivel internacional la empresa debe hacerse más gerencial, más capaz de manejo estratégico, más capaz de internacionalizarse y de forjar acuerdos, etc. Con la posible excepción de algunas empresas líderes, y aún en algunas de éstas en escala cuantitativamente modesta; la **brecha conceptual empresarial, organizativa y gerencial,** compensada quizás en parte por habilidades individuales o de pequeños grupos gerenciales y técnicos, puede ser muy preocupante, por ser la que, por un lado, puede impedir la adopción de formas de organización, estrategias y competencia, que permitan cerrar parcialmente por lo menos las restantes brechas, incluyendo las asignaciones de significativos recursos para operar en otra dimensión; y, por otra parte, por la interacción de la empresa promedio o rezagada con las eventuales orientaciones menos conservadoras de las empresas líderes, y con el mismo poder promotor y orientador de la reconversión industrial que el Estado pudiera asumir.

Finalmente, cabe dejar aquí planteada, la posibilidad y requisitos de algún grado de cierre de la o las brechas, que tendría que ser lógicamente selectivo en dos sentidos: el de los productos y tecnologías, y el del rango de precios, tamaños, prestaciones, etc.[289]. Se analiza a continuación brevemente el tema.

La magnitud de la brecha a cerrar en parte puede caracterizarse por el factor tiempo; por ejemplo el CN, técnica creada en los años 50 para lograr maquinar formas complejas, pasó a ser CNC con minicomputadores en 1971, incorporó el microprocesador en 1975 y lo "banalizó" desde la caída de precios de dicho elemento electrónico desde fines de los años 70; es así que en lo que va de los años 80 evoluciona rapidísimamente la oferta del CNC a la vez que también evoluciona también a mayor ritmo la parte mecánica y la integrabilidad.

Recordando el conocido modelo del "ciclo de producto" en el que después de la producción inicial en países avanzados innovadores, las industrias se trasladan en la etapa de madurez a países en desarrollo con ventajas potenciales en el costo de producción, observamos con preocupación que en este campo existen:

- Productos con diversos grados de madurez.
- Movimientos bruscos en diversas franjas de mercado por abaratamiento, simplificación, etc., de equipos existentes.
- Movilidad muy visible en la tecnología electrónica y menos espectacular pero sostenida en la construcción mecánica, prestaciones y parámetros, dispositivos y sistemas como los de cambio de herramientas y piezas, diagnósticos, etc.
- Todos los aspectos de integración: CAD/CAM, CIM, FMS...

Todo esto genera ciclos de producto truncos, ya que no se llega a producir la etapa de madurez, estandarización y traslado de las producciones a países de bajo salario, indicando que no llegarán a localizarse en América Latina producciones que sigan la "inercia natural" del ciclo del producto.

Cabe entonces plantearse, dada la información técnica disponible, la posibilidad de copia y adaptación, las licencias factibles de ser contratadas (que no serán necesariamente las de frontera, pero que pueden mejorarse sin caer en productos rápidamente obsoletos), y la capacidad hoy existente de producción, asimilación y desarrollo, cuales son las posibilidades de reinserción internacional de esta industria, y en qué se basarían: acción privada, política pública; copia, licencia, o desarrollo[290], aplicadas al cierre tan rápido como sea posible de las distintas brechas tecnológicas coyunturales aquí identificadas.

En el capítulo VI se tratan los temas de política pública que recogen éstas y otras inquietudes ya planteadas en capítulos anteriores.

[289] Estas consideraciones ya han sido implícitamente formuladas por las empresas que han tomado licencias para equipos de clara factibilidad, como tornos y centros de mecanizado de determinado nivel de diseño y tamaño.

[290] Por simplicidad y también por falta de información en lo que precede no se mencionó la brecha de investigación, pero también la eventual política pública debiera ocuparse de ese tema.

ANEXO

Acuerdos internacionales interempresas

La reorganización industrial internacional en el campo de convergencia de las tecnologías de producción mecánica y microelectrónica incluye un flujo importante de inversiones y licencias desde Japón a otros países industrializados; inversiones directas de empresas de estos últimos en los territorios de otros; fusiones y combinaciones al interior de cada país; y una serie heterogénea de alianzas y acuerdos de tecnología, complementación y distribución, que trasciende diversas fronteras. Se presenta a continuación una enumeración parcial pero ilustrativa de acuerdos interempresarios:

Fanuc (Japón) - Delco (USA) - **Servomotores y controles;** Phillips (H - Scientific Calculations (USA) - **CAD - CAM;** Milacron (USA) - Fanuc - **Moldeo en plástico;** Renault (Francia) - Coherent (USA) - **Aplicaciones láser;** Basger (Italia) - Nordson (USA) - **Robótica;** IBM (USA) - Sankyo (Japón) - **Brazos de robots;** YASUDA (Japón - Bridgeport (R.U.) - **Centro de maquinado;** Renault (Francia) - COMAU (Italia) - Digital (USA) **C.I.M.;** Matra (Francia) - Renault (Francia) - **CAD-CAM;** Trallfa (Noruega) - De vilbis (USA) - **Robótica;** Hitachi (Japón) - General Electric (USA) - **Licencias.**

Esta lista es sólo una muy breve muestra a la que se deberían agregar numerosos otros casos. Pase a lo limitado de la misma, no parece dejar duda respecto a la multipolaridad de los intercambios y acuerdos en un medio productivo internacional claramente impactado por la irrupción de nuevas tecnologías. Todo ello parece eliminar como opción eficiente el aprendizaje autárquico y el aislamiento.

CAPITULO VI

REFLEXIONES SOBRE POLITICA INDUSTRIAL

1. Introducción

Tenemos ya reunidos los temas centrales del diagnóstico sectorial contenido en este estudio. Ellos son: **primero,** una rama industrial —la metalmecánica— con dos o más décadas de desarrollo en torno a un modelo altamente idiosincrático de organización de la producción y de división social del trabajo, profundamente distinto del modelo productivo y organizativo que esta misma industria ha alcanzado en países avanzados.

En razón a la importancia que la industria metalmecánica tiene en varios países latinoamericanos —llegando a cubrir aproximadamente un tercio de la producción industrial en Brasil, Argentina y México— parece claro que el sector deberá sufrir un profundo proceso de reestructuración y modernización si es que habrá de mantener su viabilidad en el medio y largo plazo, en el marco de una creciente exposición a la competencia internacional y de un cambio significativo en el "estado del arte" mundial.

Segundo, un proceso igualmente "localista" e idiosincrásico de desarrollo de la capacidad tecnológica local. Esta ha ido creciendo —tanto al interior de los establecimientos fabriles en sí, como a escala de la sociedad en su conjunto— en respuesta a las múltiples limitaciones —de escala, de excesivo grado de integración vertical, de falta de insumos críticos, etc.— del modelo de industrialización elegido. Independientemente del juicio que este modelo de industrialización y desarrollo de la capacidad tecnológica local nos merezcan, es a todas luces cierto que el mismo ha impuesto una definida impronta sobre el tipo de capacidad tecnológica que se ha desarrollado, y que ésta condiciona los sectores metalmecánicos posibles de ser abordados en el futuro próximo, así como las formas específicas de hacerlo.

Tercero, una crisis contemporánea —tanto sectorial como macroeconómica— de gran extensión y profundidad. Pese a que pueden observarse diferencias entre los varios países latinoamericanos resulta claro que en todos ellos ha caído el ritmo de inversión y se ha estrechado significativamente el mercado interno. Sólo parcialmente en el caso brasileño ello ha podido ser compensado con fuertes incrementos de exportación, no así en los casos de Argentina y México en los que la pérdida de mercados externos ha acompañado a la recesión interna.

Cuarto, una frontera tecnológica internacional que en el curso del último lustro ha ido acumulando cambios en lo mecánico, en lo electrónico, en organización e integración de sistemas, etc. Esto ha ido gradualmente ensanchando la brecha tecnológica relativa que separa a los productores latinoamericanos de sus competidores del mundo desarrollado, condicionando también qué es lo que resulta factible y realista encarar en el futuro próximo.

Pese a las diferencias de grado que sin duda existen entre países latinoamericanos,

la anterior lista de "hechos estilizados" parece describir razonablemente bien el escenario metalmecánico regional. Pues bien, ¿cuáles son entonces las alternativas abiertas hacia el futuro?

Por múltiples razones —de empleo, de idiosincracia de muchos de los bienes de capital requeridos para el desarrollo de la infraestructura doméstica, etc.— el eventual desmantelamiento de la industria metalmecánica interna no parece ser una propuesta realista. A raíz de ello hemos creído conveniente cerrar este libro con un conjunto de reflexiones acerca de posibles acciones de revitalización y modernización del sector, incluyendo el tema de la búsqueda de un nuevo patrón de inserción del mismo en las corrientes del comercio internacional.

Antes de entrar específicamente en materia resulta necesario, sin embargo, examinar un conjunto de condiciones generales de contorno que permitan enmarcar más adecuadamente la discusión que luego sigue sobre aspectos varios de política industrial.

El primero de estos temas generales hace al papel del Estado en el proceso de reestructuración y modernización industrial. Distintas razones nos inducen a pesar que el libre juego de las fuerzas de mercado no está en condiciones de inducir la revitalización industrial y el esfuerzo de modernización que hoy por hoy resultan necesarios. Nos parece claro que operan en este mercado diversas fuerzas que entorpecen el funcionamiento de las señales de precios. En este sentido, la presencia de imperfecta difusión de información —sobre tendencias tecnológicas, sobre mercados posibles de exportación, etc.— la existencia de economías de escala en investigación y desarrollo, en la compra de insumos, en las tareas de producción en sí, en el campo de la comercialización internacional, etc. y, finalmente, la ausencia de un mercado eficaz de capitales capaz de proveer financiamiento para proyectos de un cierto contenido innovativo, constituyen todos hechos que llevan a sospechar a priori que la "mano invisible" sólo puede operar aquí de manera muy imperfecta. Esta situación ha sido comprendida en el mundo desarrollado donde las respectivas agencias de gobierno intervienen, ya sea directa o indirectamente, esto es, por vía fiscal o a través de las compras del Estado, favoreciendo tanto la generación como la difusión de tecnología "de punta"[291].

No nos engañamos acerca de las dificultades implícitas en una propuesta de mayor intervención del Estado con el propósito de "corregir" señales de precios equívocas. Es claro que en el medio latinoamericano las experiencias de promoción industrial están lejos de constituir un ejemplo de éxito. Al haber sido éstas de tipo general, al no haber estado sujetas a un calendario claro de reducción de la protección, y a compromisos explícitos por parte de la comunidad empresaria en materia de esfuerzos de I y D, de exportación, etc. y, por sobre todo, al no haber existido control ex post de gestión, la política de promoción industrial ha acabado por constituirse en un conjunto de resoluciones instauradoras de subsidios discriminatorios y mal dirigidos, totalmente incapaz de inducir las conductas deseadas por parte de los empresarios.

Dicho esto debe tenerse presente, sin embargo, que la alternativa a la intervención estatal que aquí se sugiere no es la de un mercado competitivo funcionando más o menos

[291] Véase, "Reagan's Hidden "Industrial Policy", *The New York Times*, 4 de agosto de 1985; Lester C. Thurow, *The Case for Industrial Policies*, Center for National Policy, Washington, January 1984; "Government Support for Industrial Robots", *Information Technology*, Department of Industry, London y K. Konaga, "Industrial Policy: The Japanese Version of a Universal Trend", *Journal of Japanese Trade and Industry*, July/August 1983.

eficientemente, sino la de un sector industrial oligopólico con grandes dificultades para sobrevivir en el marco de una economía abierta al mundo. Es en este sentido, y aún admitiendo que el sector público deberá comenzar por una profunda tarea de mejoramiento interno de sus "modus operandi" –que involucre la jerarquización y profesionalización de sus cuadros técnicos–, que el programa de política industrial posteriormente discutido contiene una dosis importante de intervención estatal.

La misma deberá ser específica –para programas de I y D, para equipamiento, para apertura de mercados externos, para financiamiento de usuarios, etc.– y en todos los casos deberá involucrar el control de gestión ex post. Obviamente todo esto reclama una capacidad técnica de evaluación y seguimiento de la que hoy carece el sector público de gran parte de los países del área, pero que deberá ser gradualmente montada si se desea avanzar en la dirección aquí sugerida.

Un segundo tema que subyace bajo las reflexiones de política industrial que siguen luego, hace al tipo de país a que las mismas se refieren, aún al interior de América Latina. Es obvio que median profundas diferencias de desarrollo relativo entre los varios países de la región y que gran parte de lo que se ha expuesto en este libro se refiere a los "NICs" (países de reciente industrialización) de América Latina –Argentina, Brasil y México– tanto por ser los que han acumulado experiencia industrial en el campo metalmecánico, como por el hecho de que parecerían ser los únicos de la región capaces de encontrar ciertos "nichos" en las nuevas formas de división internacional del trabajo y de organización de la producción y el comercio, que están actualmente emergiendo a escala mundial en el área metalmecánica. En otras palabras, dado el fuerte cambio tecnológico que está incorporando esta industria y las modificaciones que está sufriendo, tanto la organización del trabajo como los patrones de comercio mundial, no parece tener sentido encarar la racionalización organizativa y productiva de este sector en el marco de un mercado cerrado y con un bajo grado de exposición a la competencia internacional.

Sin embargo, parecería también que dicha tarea de racionalización sólo tiene cierta probabilidad de éxito allí donde el proceso histórico de desarrollo de la capacidad tecnológica local ha dejado como sedimento un acervo de calificaciones técnicas y de estándares de trabajo y control de calidad compatibles con las nuevas exigencias de la tecnología en gestación. Es en función de esto que Brasil, Argentina y México son, dentro del área Latinoamericana los tres países con mejores posibilidades para encarar esta tarea de transformación estructural.

Argentina y México no cuentan en la actualidad con políticas claras en esta materia, en tanto que Brasil las tiene a partir de una agresiva intervención del sector público apoyando la exportación de máquinas herramienta, armamentos, equipos de aeronavegación, etc., todos importantes núcleos del sector metalmecánico.

Un tercer tema que conviene explicitar de partida hace a los objetivos y restricciones que subyacen bajo los programas de política pública posteriormente examinados.

Recomponer la capacidad de crecimiento y favorecer una menos traumática transición a la era de la automatización flexible parecen ser los dos objetivos centrales a los que debería abocarse la política pública en el campo metalmecánico. Planteados dichos objetivos en el marco de una economía abierta y crecientemente expuesta a la competencia internacional resulta obvio que la revitalización sectorial deberá estar estrictamente referida a aquellas ramas productivas capaces de confrontar la competencia externa sin necesariamente depender más que por cortos períodos de tiempo de la protección arance-

laria o el subsidio público. Volveremos posteriormente a este tema ya que en la selección de estos sectores se entrelazan criterios de demanda e indicadores de oferta que necesitan ser examinados[292].

Las restricciones que cualquiera de los Estados latinoamericanos enfrenta en la actualidad para implementar un programa de revitalización de la producción metalmecánica son muchas y de distinto grado de complejidad. Están, por un lado, las de origen macroeconómico, asociadas a la caída de la tasa de inversión —privada y pública— y a las dificultades para incrementar la demanda agregada sin que ello incida sobre el proceso inflacionario.

Por otro lado actúan las restricciones de carácter microeconómico relacionadas con la escasez de insumos críticos, ya sean éstos de mano de obra calificada, tecnología de diseño de productos, canales de comercialización internacional, etc. También sobre estos aspectos tendremos oportunidad de entrar en detalle algo más adelante en este capítulo.

Un cuarto tema, también de índole general, hace al contenido del programa de política industrial posteriormente discutido. Continuando con el tema de la capacidad tecnológica interna como hilo conductor del presente estudio, pondremos aquí el acento sobre problemas de búsqueda, adaptación y desarrollo autónomo de nuevas tecnologías, tanto en lo mecánico como en lo electrónico, así como en la interfase entre ambas esferas. Esto no implica dejar de lado otros aspectos de política industrial que sin duda tienen importancia, pero supone, eso sí, reconocer que el acceso a los nuevos niveles de calidad y eficiencia operativa que hoy se requieren para competir en el mundo, sólo resulta posible a través de un fuerte proceso de modernización tecnológica que tiene que ser centro y eje de la política industrial global.

En función de esta premisa nuestro énfasis estará puesto en variables de índole tecnológica, manteniéndose el resto del escenario de política industrial como telón de fondo que, pese a no ser discutido en detalle, no debe ser olvidado. Retomamos, en este sentido el tema central de nuestro capítulo anterior, esto es, el tema de la "brecha tecnológica" que allí se dividió conceptualmente en dos tramos —la brecha "coyuntural" que se debe tratar de **cerrar** en un período razonable de tiempo, y la brecha "permanente" que se requiere **administrar.** Se examinó separadamente los aspectos mecánicos, electrónicos, de integración de sistemas, de calidad y estructura empresarial, etc. involucrados en la brecha global, y se plantearon los problemas inherentes al posible cierre de cada una de ellas. Esa es la problemática que aquí habremos de privilegiar por guzgarla un aspecto central, aunque no único, de la política industrial requerida hacia el futuro.

Un quinto tema del contexto general que creemos necesario explicitar hace a los actores económicos que deberían participar en la discusión de un programa de política pública como el que posteriormente examinamos. Identificamos al menos tres actores cuya participación es indispensable. Ellos son: Empresas, Sindicatos y Sector público. Cada uno de éstos tiene un papel definido que cumplir en la reestructuración y modernización del aparato productivo y, por ende, un conjunto de responsabilidades y derechos.

[292] Uno de los pocos trabajos técnicos referidos al tema de la selección de prioridades es el de L. Westphal "Fostering Technological Mastery by Means of Selective Infant-Industry Protection" en *Trade, Stability, Technology and Equity in Latin America,* (Ed. M. Syrquin & S. Teitl), Academic Press, New York, 1982, capítulo 12.

En lo que hace al Estado, éste deberá: 1) Fijar los grandes parámetros del equilibrio macroeconómico, así como el monto global de recursos que espera poder destinar a reestructuración y modernización del sector industrial, el tipo de ramas productivas que juzga conveniente incorporar al aparato productivo con vista a un nuevo patrón de inserción en el comercio mundial, etc. 2) Indicar el nivel de protección arancelaria compatible con el equilibrio macroeconómico elegido y el calendario temporal de reducción de dicha protección en función del ritmo sectorial de "aprendizaje" tecnológico y aumento de productividad. 3) Reestructurar la educación técnica, favoreciendo el gradual "reciclaje" de calificaciones y el desarrollo de una infraestructura adecuada de recursos humanos calificados capaces de operar las nuevas tecnologías en implantación. 4) Ordenar y programar el esfuerzo de Investigación y Desarrollo que se lleva a cabo al interior del Sector público creando un mecanismo más ágil que el actual de selección de temas de investigación y de transferencia de resultados al aparato productivo. 5) Vigilar que la estructura de insumos básicos –acero, fundición, etc.– así como la de servicios públicos a su cargo –energía, transporte, etc.– mantenga precios razonablemente cercanos a los internacionales. 6) Coordinar con las empresas aspectos de estandarización y normalización de productos e insumos intermedios, etc., así como programas de especialización por planta y por "líneas" de productos. 7) Mantener un seguimiento sistemático de las grandes tendencias internacionales en lo tecnológico, en lo que hace a mercados mundiales y a prácticas comerciales de otros países (cuotas, manejos arancelarios y extraarancelarios del mercado doméstico, etc.). 8) Implementar políticas de financiamiento, difusión de información, proyectos de demostración, etc., tanto local como internacionalmente para captar usuarios de productos metalmecánicos de fabricación nacional.

Muchas de estas tareas son llevadas a cabo por diversas Agencias públicas de países industrializados a fin de "complementar" y reforzar el funcionamiento del sistema de precios allí donde el mismo revela dificultades importantes para encaminar la asignación de recursos. Algunas de ellas también se practican de manera embrionaria en el seno del aparato estatal de varios países Latinoamericanos, dando lugar a políticas como las previamente enunciadas. Véase, por ejemplo, la CACEX brasileña. Estas acciones deben ser reforzadas y extendidas a todo el espectro de actividades más arriba mencionadas e incorporados por los países que no las tienen.

El sector privado empresario tiene su propio listado de responsabilidades mínimas. Entre éstas, encontramos: 1) Reexaminar, desde una óptica crítica, el papel que tradicionalmente ha acordado al Estado como fuente de subsidios y como eventual "socio" de sus fracasos. 2) Enfocar, de una manera distinta la relación mercado interno vs. exportaciones, así como el papel que históricamente ha otorgado a la protección arancelaria. Un nivel decreciente de protección externa y un más alto coeficiente de exportaciones deberán ser condición sine qua non de una nueva estrategia empresaria de medio y largo plazo. 3) Replantear los modelos gerenciales y de organización del trabajo que hasta aquí han venido empleando, incorporando nuevas orientaciones en aspectos de informática, de "marketing" internacional, de programas colaborativos entre empresas en temas de investigación y desarrollo, etc. 4) Incorporar a su tarea gerencial el tema de la administración de la brecha tecnológica que nos separa del mundo industrializado, entendiendo que, en un escenario de economía abierta, el no hacerlo implica que tarde o temprano su posición competitiva habrá de resentirse. 5) Recuperar el rol tradicional de empuje, asunción de riesgo y planeamiento de largo plazo que el empresario debe tener en la

esfera productiva y que gradualmente ha ido perdiendo en el curso de los últimos años frente a la gran preponderancia adquirida por los temas de carácter financiero y las estrategias de corto plazo.

Parece claro que dentro de la esfera privada también los Sindicatos deberán participar activamente en la discusión sobre modernización de la estructura productiva. Sin duda ésta habrá de tener profundas implicancias de empleo (frente al potencial cierre de plantas no competitivas), de composición y niveles de calificación de la fuerza laboral, de organización y división social del trabajo, etc. El mundo de la automatización es uno en el que muchas calificaciones obreras resultan gradualmente "transferidas" a las máquinas, dando ello origen a un proceso de desjerarquización del operario frente a la creciente "incorporación" de sus habilidades a los equipos de capital. Emergen por otro lado, demandas de programación y organización de la producción hoy inexistentes. Esto ha sido comprendido por los sindicatos europeos los que incluyen cláusulas explícitas de reentrenamiento, de productividad e incentivos, de condiciones de trabajo, etc., en el marco de las negociaciones colectivas.

Constituye práctica poco frecuente en América Latina que el sector sindical participe en la discusión de temas como estos. La automatización y el cambio tecnológico en general aún no aparece como tema de estudio en la agenda de las entidades gremiales. Sin embargo, la magnitud del esfuerzo de reestructuración industrial hoy por hoy necesaria, y la conveniencia de que la misma se logre en un razonable marco de consenso social, torna indispensable la participación del sector sindical en el debate de política industrial. La defensa de puestos de trabajo de baja productividad relativa no parece constituir la mejor opción de largo plazo abierta a este sector de la comunidad.

Efectuados los varios comentarios anteriores sobre el espíritu general que, en nuestra opinión debe guiar el diseño y la implementación de políticas públicas en este campo de la producción industrial, creemos factible entrar ahora en detalle discutiendo para ello dos temas de gran importancia. Ellos son: 1) La elección de sectores metalmecánicos prioritarios y, 2) Los contenidos mínimos de un programa de acción sectorial. A dichos temas dedicamos las dos próximas secciones de este capítulo.

2. La elección de sectores prioritarios

La necesidad de expandir exportaciones —frente al abultado peso de los servicios de la deuda externa— y la presencia de demanda pública de equipos de capital diversos para cumplir con el mantenimiento y la expansión de la infraestructura de servicios energéticos, de transportes, etc., así como con los programas de salud, vivienda y otros, revelan la presencia de un primer grupo de demandas por bienes metalmecánicos que casi seguramente habrán de mantener un adecuado nivel de dinamismo, al margen de las mayores o menores dificultades que los distintos países puedan enfrentar para revitalizar globalmente la demanda agregada.

En otros términos, más allá del bajo nivel a que ha caído la inversión bruta interna y de la marcada recesión en que se encuentra el mercado doméstico, resulta factible esperar que las ramas metalmecánicas asociadas directa o indirectamente a la exportación, o a la provisión de bienes para el Sector público, habrán de mantener un nivel "razonable" de actividad.

Se define así como prioritario un cierto grupo de ramas metalmecánicas que seguramente incluye la fabricación de turbinas, equipos de generación eléctrica, locomotoras y vagones de ferrocarril, barcos, equipos de telecomunicación, maquinaria vial, equipos para la explotación petrolífera y minera, etc. Un segundo grupo de industrias no menos importante que el anterior, está formado por ramas con capacidad exportadora propia, o por industrias proveedoras de equipos para el sector primario. Entre éstas encontramos, tractores, equipamiento agrícola en general, equipos para la agroindustria, etc. En el caso particular de Brasil, dos ramas metalmecánicas que han desarrollado fuerte capacidad exportadora en años recientes y que sin duda deben ser incluidas en la nómina anterior, son armamentos y equipos de aeronavegación.

Esta primera elección de prioridades no implica olvidar que en el resto del sector metalmecánico subsisten fuertes necesidades de reordenamiento industrial. Es obvio que sectores como el automotriz o el de productos electrodomésticos, por mencionar sólo dos campos de gran importancia, reclaman su propio programa de reordenamiento y modernización fabril, pero ante lo escaso de los recursos públicos de promoción industrial parece conveniente que los mismos esperen la eventual recuperación del mercado doméstico y la subsecuente decisión de inversión por parte del empresario privado. En este sentido conviene observar que ni el arribo de inversión extranjera directa ni el retorno de capitales domésticos transferidos al exterior en años recientes, deben suponerse como fáciles de conseguir en el corto y medio plazo. Ello es así en función, por una parte, de las condiciones favorables que ofrece el mercado financiero internacional y, por otra, del grado de incertidumbre que aún subsiste acerca del éxito final de los distintos programas de estabilización encarados por los respectivos países. La eventual repatriación de ahorros por parte de sus titulares constituiría, sin duda, un fuerte factor de revitalización del mercado interno, y una fuente importante de financiamiento del programa de reestructuración y modernización sectorial aquí examinado. Sin embargo, ni el escenario interno ni la situación del mercado financiero internacional permiten suponer que dicha repatriación habrá de materializarse en el corto y medio plazo en montos significativos.

Dada esta constelación de circunstancias no podemos menos que suponer que sectores como los mencionados en segundo término, que están menos asociados a la exportación o a la demanda del Sector público, deberán ser encarados algo más tarde, en el tiempo, y una vez que el mercado doméstico haya retomado un ritmo más aceptable de crecimiento económico. En un escenario expansivo resultará más viable proponer el cierre de plantas marginales, la especialización fabril por "líneas" de productos, el menor grado de integración vertical, y otras medidas semejantes que, sin duda, deberán ser parte del reordenamiento industrial que estos sectores reclaman. La obtención de apoyo generalizado por parte de la comunidad empresaria y sindical a tales tipos de medidas resulta difícil de imaginar en una situación recesiva como la que al presente se vive en el grueso de la región.

Efectuada esta selección preliminar de ramas prioritarias, pasamos ahora a ocuparnos de qué es lo que la reorganización y modernización industrial efectivamente implica.

3. Contenidos de la reorganización y modernización industrial

Los "cuellos de botella" y deficiencias estructurales que hacen que muchas de las plantas metalmecánicas latinoamericanas no puedan sobrevivir en el marco de una eco-

nomía abierta al comercio exterior han sido identificados y descriptos con claridad en capítulos anteriores de este trabajo. Entre ellas figuran las siguientes: escala de planta inadecuada, mal diseño del "lay-out" fabril que genera un excesivo "dawn time", equipamiento anticuado, excesivo grado de integración vertical, fuerte apertura del "mix" de producción elaborado, diseño insatisfactorio de productos, mala organización de la producción fabril y/o de la tarea administrativa de la firma como un todo, deficiente "marketing" internacional, esfuerzos tecnológicos mal dirigidos, insuficiente calificación del plantel humano, técnico y/o operario, falta de insumos críticos, elevados precios internos de insumos básicos, etc.

Es obvio que en cada caso el peso relativo de estas "deficiencias estructurales" resultará diferente y que la tarea de reorganización industrial de cada sector deberá comenzar con un ajustado diagnóstico técnico-económico que ubique con claridad los problemas específicos a ser atacados. Obsérvese, también, que ubicar y resolver sólo algunos de los problemas técnico-económicos con que nos enfrenta una determinada rama de industria puede no ser suficiente. Lo que en realidad se requiere es un ataque integral al conjunto de problemas que restan viabilidad competitiva a un determinado sector.

3.1. Número, tamaño, diseño, etc. de los establecimientos fabriles existentes

Una primera pregunta que sin duda debe ser contestada se refiere al parque industrial recibido. ¿Resulta el mismo aceptable? ¿Se requieren nuevas plantas fabriles, o una significativa reorganización y modernización de las existencias, para acercarnos a las escalas operativas y a la eficiencia técnica internacional? ¿Cómo compara la planta "tipo" doméstica con su contrapartida externa en lo que hace a tamaño, "lay out" fabril, modernidad del equipamiento, etc.?

En este sentido es importante destacar que en la industria metalmecánica de fabricación "a pedido" —en su mayor parte dedicada a cubrir la demanda del sector público— ha tenido lugar en años recientes un fuerte proceso de inversión en equipos de alta complejidad y actualización tecnológica y que los establecimientos fabriles de mayor porte en el área latinoamericana no difieren muy profundamente de lo que es dable encontrar en otras latitudes. Obsérvese que nos referimos a equipamiento y "lay out" fabril y no a otros temas —ingeniería de diseño de productos, por ejemplo— tema del que nos ocuparemos posteriormente. Considerando, a título de ejemplo, el caso de la Argentina, observamos que no menos de media docena de firmas metalmecánicas de gran porte, entre las que se encuentran Pescarmona S.A.I.C.F., Astarsa S.A., Astilleros Alianza S.A., Cometarsa S.A., AFNE, etc. han incorporado equipos de alta complejidad en fechas recientes y se encuentran ahora en plena fase de asimilación de estas tecnologías y equipamientos.

En estos casos la necesidad de modernizar la planta industrial —o de pensar en equipos de mayor nivel de complejidad que los hoy disponibles,no parece ser una prioridad. En cambio, si parece serlo, la posibilidad de contar con un plan realista de medio y largo plazo de compras del Sector público que permita programar la producción con adecuada anticipación, a fin de asegurar una adecuada utilización del equipamiento disponible.

Sin duda aquí el problema es más el de una adecuada programación de la demanda

de medio y largo plazo, que el del número, tamaño y diseño de las plantas fabriles existentes o del equipamiento con que éstas cuentan.

La situación es distinta en muchas de las ramas de producción "seriada" entre las que hemos identificado a tractores, equipamiento agrícola, máquina-herramienta, etc., como campos prioritarios. Por un lado estamos frente a establecimientos industriales de menor porte, los que, salvo raras excepciones, no han avanzado muy significativamente en el camino de reordenar y balancear su "lay out" fabril o en el de automatizar los procesos productivos empleados. Casi con seguridad el diagnóstico técnico industrial de que debemos partir pondrá en evidencia la presencia de un número importante de plantas marginales, de muy baja productividad relativa. Son francamente pocas las firmas de estas ramas de industrias que han incorporado centros de mecanizado, fresadoras con comando numérico, instrumental moderno de control de calidad y otros equipos ya no poco difundidos en la escena internacional, razón por la que aquí el esfuerzo "fundacional" y de reordenamiento fabril será seguramente mucho más necesario y prioritario que en el campo de la producción "a pedido". También lo serán diversas mejoras propias de la ingeniería de organización y métodos.

3.2. La tecnología de producto

Pasemos ahora a ocuparnos de la tecnología de producto con que operan las empresas de la región. Tal como mostráramos en el Capítulo cuarto la ingeniería de producto se refiere tanto a la organización de la información técnica para el diseño, como a este último en sí mismo.

Es obvio que en todo el campo del diseño de productos la industria metalmecánica latinoamericana ha perdido terreno relativo en la última década. La ingeniería de diseño no ha sido objeto –salvo contadas excepciones– de un esfuerzo sistemático y continuado como lo ha sido en otros países, incluso algunos de los "NICs", como puede ser el caso de Corea. Esto sin duda es parte de la creciente brecha relativa que nos separa del mercado internacional. Respecto a la introducción del diseño por computadora como método de manejo de la información para el diseño de productos, observamos que un pequeño número de empresas brasileñas, argentinas y mexicanas está tratando de incorporar esta tecnología, pero la falta de estandarización de partes y componentes, el menor grado de organización de los mercados de subcontratación, etc., atentan contra una adecuada captación de los importantes beneficios que esa nueva tecnología de diseño puede ofrecer. Por otra parte, el número absoluto de productores metalmecánicos latinoamericanos que han decidido intentar la transición al diseño computado es francamente bajo. En este plano los esfuerzos –tanto fiscales como de difusión de información– que lleve a cabo el Estado seguramente se verán recompensados con una mejora de la capacidad competitiva internacional de nuestros productores metalmecánicos frente al impacto que esta tecnología de diseño tiene en lo que hace al "lead time" en las cotizaciones, a la agilidad del elenco técnico para introducir cambios a pedido del cliente, etc.

Pasando ahora a la tecnología de producto en sí, no cabe duda de que ésta requiere un significativo esfuerzo de "aggiornamiento". El mismo debería incluir tanto la inversión en desarrollos locales, como la toma de licencias internacionales que permitan recuperar parte del tiempo perdido. El fortalecimiento del diseño local debe apoyarse en un mejor

aprovechamiento y comprensión de los rasgos idiosincráticos de la demanda regional. En lo que hace a licenciamiento externo vale la pena observar que el epicentro mundial del diseño de productos metalmecánicos se encuentra en nuestros días en Japón y cabe poca duda de que es mucho lo que nuestros productores tiene para aprender, tanto en esta como en otras latitudes. Debemos acercarnos a ellas en un franco tren de captación de conocimientos científico-técnicos en un espectro amplio y generalizado de temas. Los convenios de asistencia técnica, las licencias de producción, los acuerdos entre agencias y laboratorios del área pública, etc., deben verse como posibles vías de mejoramiento tecnológico, de reciclaje de recursos humanos calificados o, lisa y llanamente, de apertura, en el medio doméstico, de líneas de producción y trabajo científico-técnico hoy inexistentes.

La toma de licencias internacionales tiene diversas implicaciones que no conviene dejar de mencionar. Por un lado, éstas permiten ganar tiempo colocando al productor nacional relativamente más cerca del estado del arte internacional. Por otro lado, y como rasgo negativo, las licencias externas muchas veces llevan al empresario local a perder grados de libertad, en la medida en que debe supeditar su plan de inversiones y de producción a los dictados del licenciador extranjero. En algunos casos particulares la toma de la licencia puede abrir el camino para un acuerdo más amplio entre ambas partes a partir del cual el licenciatario externo toma el rol tanto de comprador centralizado de partes y subconjuntos como de canal de comercialización internacional para el fabricante local. Los descuentos involucrados en el primer tipo de arreglo y las economías de escala alcanzables en el segundo caso pueden constituir un atractivo importante para ambas partes, pese a lo limitado del papel de "maquilador" que le cabe al fabricante nacional en muchas de estas situaciones.

Es importante tener presente que la toma de licencias puede bloquear el acceso a mercados de exportación, particularmente cuando se trata de productos que están cerca del estado del arte internacional. En este sentido la política de "aggiornamiento" tecnológico por vía de licencias internacionales de producto debe ser fuertemente complementada con tareas domésticas de investigación y desarrollo, tema del cual pasamos a ocuparnos.

3.3. Investigación y desarrollo

La conformación de un programa sectorial de investigación aplicada y de desarrollo tecnológico debe verse como parte central del esfuerzo de reordenamiento y modernización aquí examinado. Al igual que en lo referido al estado de la capacidad productiva existente, también en este plano resulta necesario partir de un buen diagóstico de situación que mire con cuidado qué es lo que al presente se encuentra disponible —tanto en el área pública como privada— en materia de esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico y hasta qué punto y con qué limitaciones funciona la transferencia de tecnología desde los institutos del área estatal al sector privado de la economía.

¿Qué esfuerzos de investigación y desarrollo se llevan a cabo en la actualidad en institutos y laboratorios del Estado relacionados con temas metalmecánicos. ¿En qué campos se han formado "grupos de excelencia" capaces de liderar el proceso de generación y transferencia de nuevos conocimientos tecnológicos? ¿Cuál es el verdadero grado

de avance alcanzado por los elencos de I y D de las respectivas firmas industriales? ¿Con qué cuentan éstas en la actualidad en términos de recursos humanos calificados, equipamiento experimental y de control de calidad, etc.? Estas y otras preguntas asociadas deberán ser contestadas en el diagnóstico inicial, a fin de saber qué es lo que resulta factible alcanzar a partir de la situación presente y por dónde debemos comenzar a avanzar en el proceso de mejorar lo existente.

Es verdaderamente poco lo que en América Latina se trabaja en investigación y desarrollo de tecnología mecánica propiamente dicha. Con relación a los esfuerzos de I y D provenientes del área pública, excepción hecha de algunos pocos trabajos realizados por la CNEA (Comisión de Energía Atómica) o el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) en la Argentina, y lo hecho por los departamentos de ingeniería de las Universidades de San Pablo y Porto Alegre en Brasil, los estudios sobre deformación de metales, estabilidad dinámica, vibraciones, recolección de desperdicios y otros muchos temas de investigación aplicada inherentes a las ingeniería mecánica, prácticamente no registran avance alguno en la región. Algo más desarrollada parece ser la infraestructura pública de investigación y desarrollo en el campo electrónico, donde se ha detectado a varios grupos brasileños, argentinos y en menor medida, mexicanos, trabajando en unidades sencillas de comando numérico y en manipuladores automáticos. Por lo general se trata de grupos pequeños y pobremente conectados con la industria, aunque dicha conexión ha tendido a aumentar en años recientes.

En la esfera privada el panorama tampoco es muy alentador. Varias firmas están trabajando en el desarrollo de equipos con comando numérico —tornos, fresadoras y prensas— pero con bastante retraso sobre el estado del arte a nivel mundial. Al igual que en el plano del diseño mecánico, han comenzado a aparecer en el campo de las unidades de comando las licencias internacionales y algunos desarrollos domésticos en Brasil y, más modestos en Argentina. Lo que hay es francamente incipiente.

Debe admitirse, en definitiva, que arrancamos de una base tecnológica particularmente débil tanto en lo mecánico como en lo electrónico. En este sentido adquiere una enorme prioridad la formación de recursos humanos calificados, el otorgamiento de becas de formación en universidades y centros de investigación del exterior, los cursos de reciclaje científico-técnico para los profesionales y técnicos actualmente empleados por el sector, etc. También es importante programar con cuidado los temas de investigación y desarrollo a ser encarados por los institutos del sector público, de forma tal de poder asegurar que los mismos generen externalidades importantes en el área productiva.

Como parte del esfuerzo aquí sugerido de creación de una infraestructura científico-tecnológica sectorial debería también explorarse la viabilidad de esfuerzos colaborativos de investigación tanto entre dos o más empresas privadas como entre éstas y las entidades de investigación del Sector público. Los problemas de patentamiento de la tecnología así resultante y la apropiación de los beneficios de su utilización por parte de una o más firmas reclamarán cambios de importancia en la infraestructura jurídica e institucional, las que deben comenzar a ser exploradas a la brevedad.

Estamos aquí frente a una tarea de muy lenta maduración pero de crucial importancia. Sólo la paulatina gestación de una infraestructura sectorial de Investigación y Desarrollo y la cabal comprensión por parte de la comunidad empresaria, de que en el tema tecnológico se juega su capacidad de largo plazo de competir en el mercado internacional y de sobrevivir sin recurrir a niveles irrealistas de subsidio, harán posible un

verdadero cambio estructural en esta materia. La política arancelaria y crediticia que el Estado adopté hacia la industria debería estar coordinada con los avances concretos que esta exhiba en materia tecnológica.

3.4. Subcontratistas

El alto grado de integración vertical de los establecimientos metalmecánicos latinoamericanos constituye un lugar común en los estudios económico-tecnológicos llevados a cabo en la región. El hecho de que ello ha producido deseconomías estáticas y dinámicas de escala y especialización, emerge con claridad en dichos trabajos.

Obviamente este tema no puede tratarse con independencia del alto grado de diversificación que exhibe el "mix" de producción de cada empresa, el bajo nivel de especialización por "líneas" de productos, y de otros hechos semejantes que llevan a que los lotes de fabricación sean francamente reducidos y no brinden espacio para la presencia de subcontratistas especializados. En la misma dirección influyen la falta de normas claras de estandarización de partes y subconjuntos y de esfuerzos de normalización en el diseño de productos.

Cabe reconocer que el desarrollo de proveedores por lo general involucra costos para la firma que los realiza, los cuales no necesariamente son fáciles de recuperar y, que desde esta perspectiva estamos frente a una actividad donde los beneficios sociales casi con seguridad habrán de superar a los privados. Esto permite argumentar que el Estado debería apoyar el desarrollo de subcontratistas especializados, disponiendo para ello de un programa específico y de recursos especialmente asignados.

3.5. Comercialización Internacional

El tema de la comercialización internacional es —al igual que muchos de los anteriores— uno en el que los costos privados y los beneficios sociales difieren significativamente, brindando esto, justificación y racionalidad para la intervención pública. Las barreras al ingreso, involucradas por la necesidad de mantener "service" "in situ" para el equipamiento vendido internacionalmente, la imperfecta información acerca de los requerimientos y necesidades particulares de cada mercado externo, las condiciones de transporte internacional y la presencia de fuertes economías de escala en esta materia, y otros temas semejantes revelan que las "externalidades" y "discontinuidades" son en este campo muchas y de gran calibre como para que el sistema de precios brinde señales adecuadas. La formación de compañías de comercialización internacional (traddings), la activa participación estatal en la celebración de acuerdos bi o multilaterales de comercio compensado, la búsqueda de una nueva mecánica de funcionamiento de las oficinas de representación comercial de los países de la región en el escenario mundial, etc., son sólo algunas de las acciones que se justificaría llevar a cabo en lo futuro.

3.6. Financiamiento a usuarios y otras formas de desarrollar la demanda

Hasta este punto de la exposición se ha prestado mayor atención a temas inherentes a la modernización y reordenamiento de la estructura industrial y fabril. No parece conveniente cerrar esta nómina de posibles campos de acción pública, sin mencionar la necesidad de una política de financiamiento de la demanda que permita aumentar el ritmo de reposición de equipos a las industrias usuarias, asegurando así una mayor base de expansión a las ramas productoras de bienes metalmecánicos.

Diversos países europeos —España y el Reino Unido, entre otros— operan en la actualidad programas de esta índole, con el propósito de aumentar el ritmo de difusión tecnológica al interior de su industria manufacturera.

3.7. A título de reflexión final

Recordando el listado de "deficiencias estructurales" y cuellos de botella con que comenzáramos la presente sección, observamos que el conjunto de líneas de acción hasta aquí sugerido intenta atacar muchos de los problemas de base que el sector metalmecánico latinoamericano ha venido arrastrando durante años.

Tal como observáramos repetidamente a lo largo de nuestro capítulo introductorio, y en páginas recientes, no pensamos que la intervención estatal constituya la panacea ni la solución final a los problemas heredados. Sin embargo, las alternativas no son obvias en función de la profunda reforma estructural que debe ser encarada y de la escasa posibilidad de que "la mano invisible" pueda por sí sola enfrentar problemas como los hasta aquí examinados. Es obvio que América Latina nos confronta con un mosaico de situaciones diferentes en lo que hace a eficiencia del Estado para manejar su relación con la comunidad empresaria nacional, y que el éxito relativo de acciones como las aquí examinadas habrá de diferir entre países no sólo en función de la mayor o menor capacidad técnica y burocrática del Estado para implementar el esfuerzo transformador aquí concebido, sino también del verdadero grado de compromiso que la comunidad empresaria asuma con esta necesidad de transformación. Allí donde la vocación de largo plazo del empresario nacional sea la de generar un sector productivo fuerte e internacionalmente competitivo —esto es, allí donde la intención de los empresarios domésticos sea la de desarrollar un capitalismo pujante capaz de buscar nuevas formas de inserción en el mercado mundial—, las ideas aquí propuestas pueden servir como marco de referencia para pensar en la transformación estructural que ello requiere. Faltando dicho compromiso es poco lo que la intervención estatal puede por sí conseguir.

APENDICE

A continuación se detallan las monografías publicadas por el Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina. Las monografías N^{o}s. 0 a 36 corresponden a la Primera Fase de dicho Programa y al no tratar el tema del sector metalmecánico no han sido incluidas en el siguiente listado.

37 – The Use and Production of Numerically Controlled Machine-Tools in Argentina.
Staffan Jacobsson — Diciembre 1980

38 – Etapas Históricas y Conductas Tecnológicas en una Planta Argentina de Máquinas herramienta.
A. Castaño, J. Katz, F. Navajas — Enero 1981

39 – Evoluçao Tecnológica no Setor de Máquinas de Processar Cereais. Un Estudo de Caso.
Hélio Nogueira da Cruz — Julio 1981

40 – Productividad, Escala y Aprendizaje en una Planta Argentina de Motores.
Julio Berlinski — Agosto 1981

41 – Cambio Tecnológico en la Firma Distral S.A. Fabricante de Calderas y Equipos de Presión.
M. Ramírez Gómez y José Leibovich G. — Agosto 1981

42 – Análisis de la Trayectoria de una Planta Automotriz en Colombia: El Caso de Sofasa.
D. Sandoval, M. Mick, L. Guterman — Noviembre 1981

43 – Innovaciones en Proyectos y Aprendizaje (El caso de una planta argentina de implementos agrícolas).
Julio Berlinski — Enero 1982

44 – Technical Change and Technology Policy. The Case of Numerically Controlled Lathes in Argentina.
Staffan Jacobsson — Marzo 1982

45 – Innovaciones en el Proceso y Aprendizaje en una Planta Argentina de Fundición.
Julio Berlinski — Abril 1982

46 – Inovaçao Tecnológica no Setor de Máquinas Ferramentas Brasileiro - Um Estudo de Caso.
Marcos Eugenio da Silva — Mayo 1982

47 – Observaçoes sobre Mudança Tecnológica no Setor de Máquinas Ferramentas do Brasil.
H. Nogueira da Cruz, M. E. da Silva
L. A. Gunnar Hugerth — Mayo 1982

48 – Cambio en la Información Técnica y Aprendizaje en una Planta Argentina de Motores.
Julio Berlinski — Junio 1982

49 – La Industria de Máquinas-Herramientas en Colombia. Estudio de una Firma Productora de Tornos y otras Máquinas para Trabajar Metales.
D. Sandoval, L. Jaramillo Junio 1982

50 – Análisis del Desarrollo Industrial de Forjas de Colombia. 1961-1981.
D. Sandoval, M. Mick
L. Guterman, L. Jaramillo Junio 1982

51 – Cambio Tecnológico en la Industria Metalmecánica Latinoamericana. Resultados de un Programa de Estudios de Casos.
Jorge Katz Julio 1982

52 – El Cambio Tecnológico en la Industria Venezolana de Maquinaria Agrícola. Estudios de Caso.
Mauricio Turkieh Julio 1982

53 – La Industria de Astilleros en Colombia: un Estudio de Caso de la Empresa Conastil.
D. Sandoval, L. Jaramillo Agosto 1982

54 – Un Estudio sobre el Cambio Tecnológico de una Empresa Mexicana Productora de Maquinaria para Molinos.
A. Mercado, L. Lombó Agosto 1982

55 – Steelplant Technological Development in Latin America.
Philip Maxwell August 1982

56 – Basic Issues emerging from recent Research on Technological Behaviour of selected Latin American Metalworking Plants.
J. Berlinski (Argentina)
H. Nogueira da Cruz (Brasil)
D. Sandoval (Colombia)
M. Turkieh (Venezuela) August 1982

57 – El Cambio Tecnológico en una Empresa mexicana productora de Máquinas para el Vidrio y el Plástico.
A. Mercado, P. Toledo Setiembre 1982

58 – Evoluçao Tecnológica em uma Firma de Processo Produtivo Contínuo no Setor Metal-Mecanico Brasileiro.
H. Nogueira da Cruz, M. Eugenio da Silva Setembro 1982

59 – Innovaciones en el Proceso y Aprendizaje (El caso de una planta argentina de motores).
J. Berlinski Setiembre 1982

60 – Innovaciones en Productos y Aprendizaje (El caso de una planta argentina de implementos agrícolas).
J. Berlinski Setiembre 1982

61 – El Cambio Tecnológico en tres Plantas Metalmecánicas Mexicanas.
A. Mercado, A. Mateos, J. Aristy
A. Juárez, P. Toledo Octubre 1982

Realización gráfica: Departamento Editorial del IDES, Güemes 3950 Buenos Aires. Se terminó de imprimir el 10 de octubre de 1986.