BID
Banco Interamericano
de Desarrollo

CEPAL
Comisión Económica
para América Latina

CIID
Centro Internacional de
Investigaciones para el Desarrollo

PNUD
Programa de las Naciones Unidas
para el Desarrollo

Programa de Investigaciones sobre
Desarrollo Científico y Tecnológico
en América Latina

Monografía de Trabajo Nº 54

UN ESTUDIO SOBRE EL CAMBIO TECNOLOGICO DE UNA EMPRESA MEXICANA PRODUCTORA DE MAQUINARIA PARA MOLINOS

Alfonso Mercado

Lourdes Lombó

Distribución
RESTRINGIDA
Agosto 1982
ORIGINAL:ESPAÑOL

Alfonso Mercado es Licenciado en Economía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México; M.A., Universidad de Sussex, Inglaterra. Lourdes Lombó es Economista y Asistente de Investigación del Señor Alfonso Mercado.

El presente estudio fue financiado a través de un convenio entre el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/PNUD y El Colegio de México. Dicho convenio forma parte del Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina. Un informe preliminar de este estudio fue presentado en la cuarta reunión del Programa, efectuada en Washington en octubre de 1981; en dicha reunión recibimos útiles comentarios de los investigadores y asesores integrantes del Programa, acerca de los cuales nos expresamos muy agradecidos. Además, presentamos otro informe preliminar en un seminario del Programa de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología y Desarrollo (PROCIENTEC) de El Colegio de México. Agradecemos las sugerencias recibidas con motivo de dicha presentación de parte de los miembros de PROCIENTEC. También agradecemos el apoyo recibido por el Sr. Víctor L. Urquidi, Presidente de El Colegio de México. En especial, agradecemos los comentarios detallados de los Sres. Jorge Katz, Director del Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD, Alejandro Nadal, Coordinador del PROCIENTEC, Hugh Schwartz, Kurt Unger, Gerardo Bueno y Manuel Martínez del Campo.

Los puntos de vista contenidos en esta monografía expresan exclusivamente la opinión de los autores.

Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD
Oficina de la CEPAL en Buenos Aires
Callao 67, 3º
1022, Buenos Aires, Argentina

I N D I C E

I. INTRODUCCION

Este estudio de empresa, tiene como objetivo principal el análi is del cambio tecnológico, tanto en su contenido como en lo relativo a sus causas y sus efectos. La historia que aquí examinamos es la de una empresa productora de maquinaria para molinos de trigo y arroz, principalmente, que ha hecho sus propios diseños, ha determinado su proceso productivo y ofrece sus equipos, así como tecnología de molienda, tanto en el mercado interno como en el externo. Interesa, particularmente, investigar cual es su tecnología metalmecánica, qué desarrollos tecnológicos ha llevado a cabo, cual ha sido el mecanismo de su cambio tecnológico, cuales han sido los factores determinantes de tal progreso y cual ha sido el impacto del mismo a nivel de empresa, así como las consideraciones pertinentes en torno a las repercusiones del caso para los agentes económicos vinculados con la firma, tales como los usuarios, los proveedores de material, la competencia, etc. Es importante aclarar que el cambio tecnológico será examinado con relación a su importancia económica, en la medida de lo significante que resulten ser sus repercusiones económicas, además de examinar el proceso mismo desde el punto de vista ingenieril.

En el informe haremos uso de algunos conceptos que es preciso definir. Uno de estos es la "tecnología", la cual se refiere al como producir mercancías. Algunos autores han definido este término como un conjunto de elementos de conocimiento técnico, 1/ información técnica, 2/ el estado del arte o el conjunto de conocimientos 3/ destinados a utilizarse en la producción de bienes y servicios en una economía. Este conjunto de conocimientos técnicos puede agruparse en dos tipos de tecnología: tecnología de producto y tecnología de proceso. 4/

La "tecnología de producto" se refiere a la información que sirve para determinar los atributos y las características físicas del producto. Los atributos de productos metalmecánicos son las cualidades de las máquinas, equipos y bienes metálicos, tales como rapidez, potencia, agilidad, precisión, etc. Las características físicas de tales bienes se asocian a su tamaño y las especificaciones de diseño y de materiales. Comprende información sobre diseño, desarrollo de productos, preparación de prototipos, standarización de productos, etc.

1/ Cooper, Ch. y Sercovich, F., The Channels and Mechanisms for the Transfer of Technology from Developed to Developing Countries, Ginebra, UNCTAD, TD/AC. 11/5, 1971

2/ Teitel, S., "Tecnología, empresa e información", El trimestre Económico, México, D.F., vol. 45 (2), abril-junio, 1978.

3/ Katz, J., Etapas históricas y conductas en una planta Argentina de máquinas-herramienta, Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Monografía de Trabajo No. 38, Buenos Aires, 1981.

4/ Katz clasifica tres tipos de tecnología metalmecánica: de producto, de proceso y de organización. Como la interdependencia entre la segunda y la última es mucha y la frontera entre una y otra no es muy clara, hemos adoptado sólo la distinción entre la primera y las otras dos. Katz (1981), op. cit., p.2.

En la industria metalmecánica, una planta compuesta por un conjunto de maquinaria y equipo puede ser el producto fabricado por una empresa. La ingeniería de proyectos, que incluye ingeniería básica y de detalle, es básicamente la tecnología de producto en tal caso. La tecnología de producto puede tener un valor de uso importante para la empresa si mediante ella diferencia sus productos, genera patentes y crea monopolios temporales.

La "tecnología de proceso" consta de conocimientos o información técnica acerca de cómo se transforma el material, desde la materia prima hasta el producto, cómo se maneja la maquinaria y el equipo y cómo se organiza el trabajo en la secuencia de transformación. En el sector metalmecánico, comprende conocimientos de ingeniería mecánica (matricería, maquinado, ensamble, tolerancia de materiales), ingeniería metalúrgica (fundición), ingeniería industrial (estudios de tiempos y movimientos), técnicas de control de calidad, técnicas de tratamiento químico de metales (tratamientos térmicos), etc. La tecnología de proceso puede ser vista como un bien económico con un valor de uso importante, ya que permite a una empresa generar bienes y servicios a costos unitarios inferiores al precio del mercado de tal manera que puede lograr un margen de ganancias.

Otro concepto clave en este estudio es el referido al"cambio tecnológico". Jorge Katz lo define como cualquier modificación ocurrida en la tecnología de producto o de proceso de una empresa, independientemente de si tal cambio es o no novedoso en el ámbito nacional o internacional. 5/ Aquí adoptamos esta definición porque nos parece operacionalmente adecuada.

Con la revisión de la evidencia del presente caso, se pretende abordar tres temas de análisis sobre el cambio tecnológico en un país en desarrollo como México.

El primer tema se refiere a los "procesos secuenciales del cambio tecnológico", los cuales consisten en dos sendas: una se compone de tres etapas, siendo la primera receptiva, de adquisición de tecnología, la segunda consta de un proceso de adaptación de tecnología y la tercera consiste en una actividad de generación de tecnología. La otra secuencia la referimos a dos etapas del cambio tecnológico. En la primera fase, se efectúan cambios en la tecnología de producto, y en la segunda, hay modificaciones en la tecnología de proceso. El orden del primer tipo de secuencia es el esperado en un proceso de aprendizaje de una empresa en un país en desarrollo. Pero en la segunda secuencia, el orden se puede invertir (que primero ocurran cambios en la tecnología de proceso que en la de producto), dependiendo de la influencia de factores económicos y no económicos. Se han postulado como factores determinantes importantes la estructura del mercado, la protección externa y la formación de cierto tipo de habilidades tecnológicas o recursos humanos (técnicos en proceso vs. diseñadores, por ejemplo).

En la historia de la industria sustitutiva de importaciones latinoamericana, la protección externa y los mercados monopólicos y oligopólicos han dado lugar

---

5/ Katz, (1981), Op. cit., pág. 2.

a que se inicien esfuerzos ingenieriles en el área del producto. Conforme estas variables cambian sus características (más competitividad o menor protección), la firma inicia modificaciones en el área del proceso. 6/ En particular, dado que la protección y las imperfecciones de los mercados cautivos no ejercen presiones en los costos de las firmas locales, las mismas no canalizan esfuerzos técnicos al área del proceso y a la vez son guiadas por estas señales a dedicar tales recursos hacia la búsqueda de "mejoras" en los productos que permitan extender la duración del monopolio u oligopolio. La etapa de cambio tecnológico en el producto puede ser relativamente larga. De esta conducta tecnológica se derivan efectos adversos para el bienestar de la economía local y los beneficios del cambio tecnológico, así como los del proteccionismo, se concentran en los accionistas de la firma en cuestión.

El segundo tópico de estudio que abordaremos trata sobre el "cariz idiosincrático" de la tecnología y del cambio tecnológico de una empresa en un país en desarrollo. Varias características de la economía en desarrollo, tales como el tamaño de su mercado interno, los recursos financieros limitados, el arrancar lejos de la frontera tecnológica, el producir bajo pedido, la escasez o la particularidad de la materia prima, hacen que las empresas locales inicien operaciones con un lay-out peculiar, un conjunto de maquinaria y equipo, y una organización industrial diferentes a los de plantas en países avanzados. Tales empresas se ven obligadas ellas mismas a realizar esfuerzos tecnológicos también peculiares para usar mejor su capacidad instalada. Es decir, la tecnología peculiar con que se inician las empresas referidas tiende a generar cambios tecnológicos muy particulares, diferentes a los de firmas localizadas en países desarrollados.

De esta acumulación tecnológica con rasgos idiosincráticos se desprenden dos efectos importantes: primero, tal tecnología puede funcionar en otros países en vías de desarrollo con un ambiente similar. Esta posibilidad permite la transferencia de tecnología entre los mismos países en desarrollo y conformar ventas y difusión importantes de tecnología "adecuada" a sus condiciones. Segundo, esta tecnología puede competir con la de países desarrollados, fundamentalmente en las áreas subdesarrolladas, o con relación a productos diferenciados, hechos a pedido y por diseño específico. 7/ Ello plantea ciertas ventajas comparativas para los países en desarrollo.

Un caso de tal cariz idiosincrático, es el de las empresas locales propiedad de un grupo familiar. Este tipo de firmas conservan por años una forma peculiar de organizar su proceso productivo. Por ejemplo, tienden a producir para sí mismas materiales, piezas y máquinas, y capacitan en una escuela técnica propia a su personal. Generalmente el fundador de la empresa es un inmigrante europeo que ejerce un control virtualmente absoluto en la organización de la misma.

6/ Katz (1981) op. cit. y Katz, J., A List of "Main Issues" Emerging from recent Research on Science and Technology in the Framework of the IDB/ECLA/IDRC/UNDP Programme, Feb. 1982 (mimeo)

7/ Katz (1982), op.cit.

Sólo es posible modificar tal influencia mediante un cambio generacional dramático. El caso de la firma estudiada corresponde a este tipo.

El tercer tema de análisis que interesa ilustrar se refiere al impacto de la estructura del mercado y la protección externa en el cambio tecnológico de la empresa local. Este tópico plantea que dada la estructura imperfecta del mercado cautivo local, las fuerzas de la oferta, como las derivadas de los propios retos de expansión o de exportación que la propia empresa se fije, pueden tener un mayor impacto que las fuerzas de la demanda sobre el tipo y el ritmo de cambio tecnológico que se efectúe. Pero conforme las imperfecciones del mercado o la protección se reduzcan, la demanda tendrá un rol más activo en inducir innovaciones. 8/

8/ Ibid.

II. ORIGEN, EVOLUCION Y SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA Y SU TECNOLOGIA

En este capítulo se pretende brindar un marco de referencia introductorio y concreto para el análisis más detallado del cambio tecnológico de la empresa. El capítulo es descriptivo y contiene los principales rasgos de la historia de la firma, sus productos, su proceso productivo, su tecnología y su ubicación en la industria mexicana de equipo alimentario.

1. Origen, trayectoria y situación actual de la empresa.

La empresa fué fundada en 1941 como taller de reparación de maquinaria de molino, cuando un ingeniero de nacionalidad española, representante de dos fábricas alemanas de equipo de laboratorio de harinas decidió radicar en México y dedicarse a la reparación y eventual fabricación de tales equipos. Tanto sus conocimientos sobre el proceso de molienda y los equipos utilizados en el mismo, como la falta de oferta de las máquinas referidas provocada por la II Guerra Mundial, lo motivaron para instalar el taller y empezar a reconstruir máquinas, reproduciendo partes y piezas.

El técnico fundador de la empresa había estado en México de 1937 a 1940, representando a las empresas alemanas mencionadas. En este tiempo, se dió a conocer entre los demandantes de maquinaria locales. Pero él no era el único proveedor conocido. En este período se demandaban máquinas hechas en otros países, como las de Buhler (Suiza), Morros (España), Ocrin (Italia), Miag (Alemania) y Simon (Inglaterra). La primera tenía una oficina distribuidora en México. La demanda local evidentemente se satisfacía en su totalidad con importaciones.

La capacidad técnica del ingeniero fundador de la empresa jugó un papel importante en la instalación, sobrevivencia y expansión del taller. El tenía amplios conocimientos técnicos para producir equipo de molino, porque dominaba el proceso mismo de molienda y era experto en máquinas e instrumentos avanzados con relación a tal proceso. 1/ El pertenecía a una familia de molineros. Los principios técnicos del proceso de molienda, así como el manejo, el mantenimiento y las características de las máquinas se pasaban de generación a generación. 2/ Además, él se graduó de ingeniero industrial en España y recibió adiestramiento técnico en Alemania por empresas fabricantes de equipo de laboratorio para analizar la calidad de la harina.

1/ Por ejemplo, él era el único técnico en México capaz de analizar la calidad de las harinas y el que conocía los instrumentos de medición de calidad.

2/ El padre del fundador del taller fué el primer molinero en España que fabricó maquinaria de molienda, en 1900. En la actualidad, esa es una de las fábricas más importantes de España.

El taller dependía de su capacidad para resolver problemas técnicos que los obreros, dueños y mecánicos de los molinos no podían solucionar. También requería del maquinado de piezas sueltas para reconstruir máquinas, en esa época de falta de importaciones. En ese sentido, el taller pudo sobrevivir por la capacidad técnica del dueño. Evidentemente, las primeras expansiones del taller se debieron sobre todo a la creciente necesidad de refacciones y de sus servicios de reconstrucción.

De acuerdo a la descripción anterior, la empresa estudiada tuvo su origen como un taller de maquinado de partes sueltas y de reconstrucción de máquinas. Este rasgo han tenido otras ramas de la industria de bienes de capital, como por ejemplo la producción de equipo de proceso en México 3/ y maquinaria textil en Colombia. 4/ La reconstrucción de maquinaria ha significado un aprendizaje tecnológico valioso para talleres con personal calificado y, contando con condiciones externas favorables —tales como el apoyo fiscal y financiero de una política industrial, o falta de competencia— ha sido base para una ulterior producción de bienes de capital. El origen de la empresa también está caracterizado por el tipo de empresario que la funda. Es un técnico inmigrante europeo. También hay similitudes con otros casos de empresas metalmecánicas latinoamericanas, establecidas por técnicos de origen italiano o español. 5/ La importancia de este rasgo se manifiesta en el cariz idiosincrático y de familia que toma la organización de la empresa. A fines de los cincuentas, ya establecido y consolidado el taller, se incorporaron otros tres españoles familiares que ocuparían puestos directivos con el tiempo.

El propio dueño del taller fué capacitando a sus obreros, que al comienzo eran menos de 10. También se encargaba personalmente de supervisar el trabajo, llevar la contabilidad del taller, atender a los clientes, etc.

Durante los primeros tres años, el taller compraba material fundido para maquinar piezas sueltas. Pero como las aleaciones eran en ocasiones incorrectas, o a veces el grado de dureza no era el solicitado y el tiempo de entrega era muy variable, el taller decidió añadir a sus actividades de maquinado y reconstrucción, la de fundición. Empezó a fundir en 1943 con dos hornos de cubilote, hechos por el propio taller.

Una serie de transformaciones ocurrieron posteriormente. El taller pasó por una etapa de copia de máquinas, de 1945 a 1951 aproximadamente. Importaba máquinas-muestra de España y las reproducía, con algunos ajustes. O sea, además del aprendizaje tecnológico logrado mediante la reconstrucción de máquinas, de 1941 a 1945, hubo otro proceso de aprendizaje, con base en la copia de concepciones y diseños de máquinas nuevas. Esta fase también la han experimentado otras empresas de bienes de capital de países en vías de desarrollo, como en Argentina.6/

3/ Véase A. Mercado y J. Aristy, Etapas históricas y cambio tecnológico de una empresa mexicana fabricante de equipo de proceso, El Colegio de México, 1982 (mimeo).

4/ FEDESARROLLO, Mercados de tecnología en sectores específicos, Bogotá, marzo 1978 (mimeo).

5/ J. Katz (1981) op. cit. y H. Nogueira, Evolucao Tecnólogica no sector de máquinas de procesar cerais-Um estudo de caso, Monografía de Trabajo No. 39 del Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Buenos Aires, 1981.

6/ Katz (1981) op. cit.

En 1951, se constituyó legalmente la empresa, añadiendo a sus actividades, la de intermediación de equipo de molienda importado y la de instalación de plantas completas, compuestas por maquinaria importada por la firma y máquinas hechas por la misma. Es decir, la empresa pasó de la fabricación de máquinas individuales al control de paquetes de máquinas para instalar plantas.

La firma dió señales de haber generado diseños propios a mediados de la década de 1951 a 1960, y registra su primera patente en 1956, referida a un sistema propulsor y centralizador de carrera de una máquina de molienda.

En 1959 la empresa logra su primera exportación. Exportó a Estados Unidos máquinas individuales.

En 1961 se cambia de local, adquiere nueva maquinaria y adopta otro lay-out. Estos cambios en el proceso productivo no alteraron la estructura organizativa familiar de la empresa.

La empresa había afrontado dificultades para contratar obreros calificados y el adiestramiento en la planta misma, sobre la marcha del trabajo, era ineficiente. Por ello, en 1966 decidió instalar una escuela-fábrica en el propio local de la empresa, para capacitar formalmente su personal. Esta escuela aún sigue funcionando.

En 1979, empieza a introducirse maquinaria de control numérico en la planta. Se adquirió una máquina cortadora y perforadora de lámina y placa computarizada. En 1981 y 1982 compró un torno de control numérico computarizado, tres tornos copiadores no computarizados y otras máquinas automáticas.

De los párrafos anteriores se desprende que hubieron por lo menos tres transiciones importantes en la evolución de la firma. La primera consistió en la transformación de taller artesanal a establecimiento industrial mediano y luego grande. La segunda se refiere al cambio de empresa informal a formal, con el cual algunas funciones centralizadas en el fundador de la empresa (como capacitar personal, llevar la contabilidad, atender las ventas) se fueron delegando a secciones o departamentos de la misma, incluyendo la escuela-fábrica de capacitación. La tercera fué la transición de copia de tecnología a generación de propios diseños, así como del uso de máquinas universales pequeñas al empleo de máquinas automáticas.

A mediados de la década de los setentas, la empresa había alcanzado un tamaño relativamente grande, en comparación con otras de la industria de equipo alimentario. Los datos del cuadro 1 nos señalan que su ocupación y el monto de su valor agregado superaban al promedio de las cuatro mayores empresas de esta industria. También en dicho cuadro se muestra que su integración vertical era relativamente elevada, la cual es medida como el cociente del valor agregado de la producción. El cociente de la empresa es el mayor de los que se calcularon para los diversos tamaños de la industria de equipo alimentario. Las misma observaciones son hechas con relación a la empresa competidora en la especialidad de máquinas para molino.

Cuadro 1. Indicadores del tamaño y la integración vertical de la empresa y de fabricantes de equipo para alimentos y bebidas, 1975.

Empresas y estratos de tamaño de empresas	Núm. de empresas	Valor agregado por planta (núm. índices)[a/]	Ocupación por planta	Valor agregado/ Valor de producción
Empresa		163	390	0.68
La competidora local		57	90	0.40
Industria de equipo para alimentos y bebidas (total)	101	10	31	0.53
Estratos del valor de la producción ($)				
Hasta 5 millones	76	2	11	0.52
De 5 a 35 millones	21	23	63	0.49
Más de 35 millones	4	100	256	0.60
Estratos de personal ocupado				
Hasta 25 personas	72	2	7	0.48
De 26 a 175 personas	25	20	65	0.50
Más de 175 personas	4	100	256	0.60

a/ La base es el valor agregado promedio del mayor estrato (firmas con más de $35 millones de producción y más de 175 trabajadores).

Fuente: Datos proporcionados por la empresa y de la Dirección General de Estadística, X Censo Industrial 1975, México, D.F., 1979.

2. La mezcla de productos de la empresa.

En la sección anterior, se dijo que la firma comenzó con la reconstrucción y luego fabricación de maquinaria para molinos. Pero posteriormente, a principios de los setenta, fué ampliando su gama de productos (de por sí ya extensa, puesto que los equipos han sido muy diferenciados y a pedido), introduciendo equipo neumático para la remoción de polvos y gránulos, y años después, bombas de aire y otros.

Básicamente se pueden distinguir nueve grupos de productos hechos por la empresa:

-Maquinaria para limpia, lavado, rociado y mezcla de granos.

-Máquinas para elaboración, blanqueo, mezcla y empaque de harinas y salvados.

-Maquinaria para la elaboración y mezcla de forrajes.

-Máquinas para molinos arroceros.

-Maquinaria y equipo para aspiración y recolección de polvo.

-Maquinaria y equipo para elevación y transporte de productos.

-Maquinaria para la elaboración de maíz nixtamalizado.

-Maquinaria para mecanización de bodegas y silos.

-Elevadores de personal en establecimientos industriales.

También produce diversas partes y refacciones, como válvulas, bombas, etc. El cuadro 2 presenta las diversas funciones de la maquinaria fabricada por la empresa. Se pueden clasificar unos 100 modelos diversos de máquinas y equipos. El número aumenta si se consideran especificaciones de potencia, capacidad e incorporación de aditamentos especiales de control. La empresa dispone de un conjunto de catálogos que contienen estas especificaciones, por modelo. Por esta amplia variedad de productos y debido a lo aleatorio de su demanda, la firma no produce máquinas para stock; sólo lo hace con respecto a refacciones y ciertas piezas. Produce sus máquinas a pedido y bajo diseños muy concretos y diversos. En en el capítulo IV examinaremos los cambios básicos de diseños.

3. La organización de la empresa.

La empresa está compuesta por tres direcciones que constituyen de hecho sus grupos globales de actividad: administración, ventas y producción. La dirección administrativa absorbió el 11% del personal en 1980. Sus departamentos se presentan en el diagrama 1. Las otras dos direcciones también se presentan en dicho diagrama, pero es menester conocer sus funciones —entre las que hay unas de tipo tecnológico— y algunas de sus interrelaciones.

Cuadro 2. Lista de productos y sus funciones, hechos por la empresa estudiada, 1981.

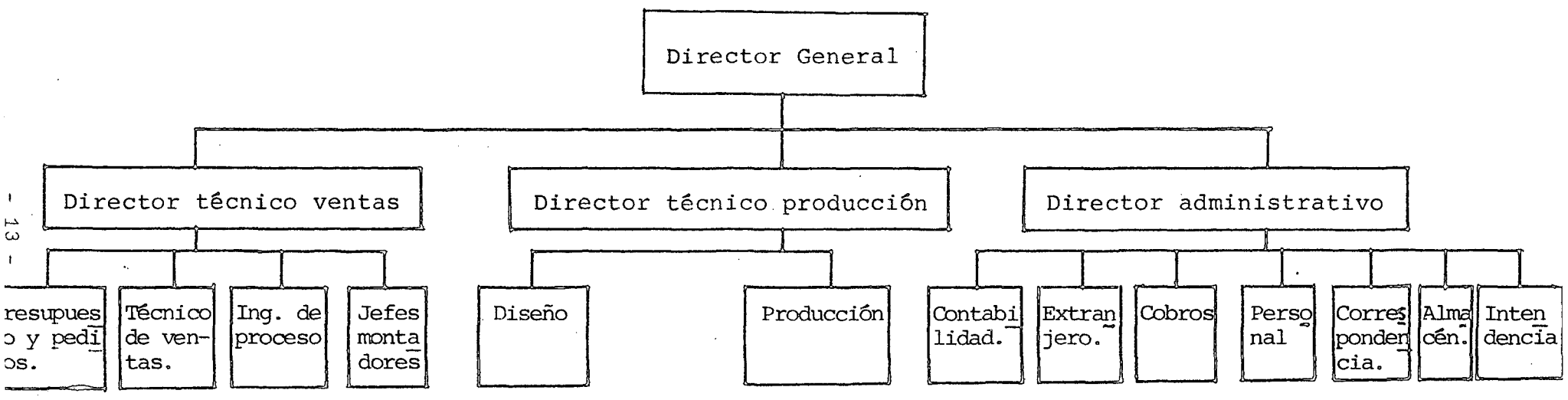
Descripción	Funciones
Cribadores clasificadores vibrator, doble y simple	Separa impurezas mediante cilindro cribador y doble criba plana impulsada por micro vibrador, para trigo, maíz y palay. Capacidades de 2.5 a 16/60 tons./hora.
Despedregadora neumática	Separación de piedras por densidad. Capacidades de 5.5 a 11 m^3/hora.
Clasificadoras de discos y cilindros alveolados.	Separan semillas mediante discos y cilindros. Capacidades de: separando semillas 2/3 a 8 tons./hora, clasificando arroz 1 a 4 tons./hora.
Satinadora desgerminadora	Despunta el grano mediante cilindros. Capacidades de 2 000 a 6 000 kgs. trigo/hora.
Lavadora despedregadora, secadora.	Lavado de grano y separación de impurezas. Capacidades de 1/125 a 8/10 tons./hora.
Despuntadora, pulidora superpuesta.	Despunta y pule el grano.
Despuntadora desgerminadora	Despunta por aspiración central.
Cepilladora pulidora.	Por aspiración pule el grano. Capacidades de 2 000 a 6 000 kgs. de trigo por hora.
Rociadores	Humedecen el grano. Capacidades de 6 000 a 12 000 kg/hora.
Repartidores medidores	Mezcla granos.
Atomizador humectador	Pulveriza el agua, humedeciendo el grano. Capacidades de 6 000 a 15 000 kg/hora.
Trilladoras de granzas	Beneficia el trigo vestido
Alimentador dosificador	Dosifica los alimentos. Capacidades de 10 a 1 000 lts/hora.
Banco de cilindros doble	Molienda de productos.
Centrifugadoras, horizontal y vibratoria.	Centrifuga salvado y productos difíciles y pegajosos. De 1 000 a 15 000 kg/hora.
Cernedores hermiplan, plano y varirrotor.	Cernedor de harina. Capacidades de 4 a 40 m^2 de superficie de cernido neto y de 5 a 46 m^2 de superficie de cernido total.
Desatadores, 1 desatador afinador.	Desata productos adheridos y apelmazados. Capacidades 1 000 a 12 000 kg/hora.

Descripción	Funciones
Purificador de semola doble pursan	Aspiración central. Capacidades superficie de cernido: neta hasta 4.68 m^2, total hasta 5.52 m^2.
Centrifugadora vertical	Adelanta el proceso de trituración centrifugando. Capacidades de 600 a 800 Kg/hora.
Limpiadora de costales	Limpia de 500 a 700 costales por hora.
Agitadores revolvedores y mezclador.	Mezcla el gas tricloruro de nitrógeno con la harina. Capacidades de 1 500 a 7 500 kg/hora.
Mezcladora extractora de harina doble.	Descarga y mezcla de productos depositados en tolvas, silos, etc.
Envasadora de costales.	Para harina y salvado. Capacidades 180 costales de 44/45 kg/hora.
Blanqueadora de harina.	Produce y mide el gas de tricloruro para blanquear. Capacidades de 2 500 a 5 000 kg/hora.
Transportadoras simple y dobles.	Para granos, productos granulados y harina.
Tararas descantadoras de impurezas.	Satina los granos por flotación.
Retenedor de aire.	Facilita el paso del producto en la cantidad deseada.
Blanqueadora pulidora de arroz.	Capacidades. Una pasada 1 000 kg/hora. Dos series 1 500 kg/hora. Con blanqueadores de 2 000 a 6 000 kg/hora.
Bombas de aire.	Genera presión de aire para el tranporte neumático de granos, gránulos y polvos, con una presión entre 1 000 y 8 000 mm, entre 1.9 m^3 de aire por minuto y 38m^3 de aire/minuto.
Evacuador de exceso de carga en tuberías.	
Elevador de personal	
Cribador clasificador	Clasificación, separación o cernido de productos agrícolas o industriales. Capacidades de 4/40 m^3/hora a 13/135.
Molino de martillo	Para toda clase de granos. De 25 a 300/ 4 000 kg/hora.
Mezcladoras horizontales, melazas vertical, rotativa y continua.	Mezclan productos molidos, balanceados, farmaceúticos, etc. Capacidades de 1 a 7.5 de cabida m^3.
Zarandas vibradora y cribadora.	Clasifica por tamaño productos varios y cribado de comprimidos separando harinas e impurezas. Capacidades de .75/3 a 15/30 m^3/hora.

Descripción	Funciones
Aspiradores centrífuga y axial	Aspiración de polvo y ventilación. Capacidades desde 35 hasta 1 200 m^3 por minuto.
Recolectores de polvo superciclón y aire de alta presión.	
Descascaradoras a rodillos.	Descascarado de arroz. Capacidades de 900/1 000 a 2 000/3 000 kg/hora.
Separadora de palay	Separadora de granos. Capacidades de 1 000/1 100 a 3 000/3 200 kg/hora.
Molino de coronas.	Tritura, muele y cierne. Capacidades de 25/400 a 200/2 500 kg/hora.
Filtro de aire.	Limpia mangas. Capacidades de 173 a 402 m^3 de aire/min.
Filtro de aire aspirado por alta presión.	Separación de polvo. Capacidades 58 a 90 sucio, 10 a 15 m^3 aire/min., limpio.
Lavadoras de granos y agitador calefactor.	Para dar brillo con glucosa. Capacidades de 1 a 3 tons./hora y 500 litros.
Cribadora aspiradora.	Prelimpia de granos para almacenaje para trigo, maíz y palay. Capacidades de 30 a 175 m^3/hora.
Secadora de granos horizontal y vertical.	Capacidades de 10 a 40 m^3/hora.
Cernedor centrífugo.	Elimina impurezas de granulación. Capacidades 200/6 000 y 500/1 500 kg/hora.
Disgregador.	Disgregación de semolinas, productos de la molienda de trigo y otros granos. Capacidades 2 000 kgs/hora.
Separador de polvo tornádico.	Separación de polvo en gases o aire.
Recolector de polvo superciclón.	Capacidades de 25 a 300 m^3 aire/min.
Medidor	Descarga de depósito de granos. Capacidades de 2 000 a 12 000 kg/hora.
Sistema de transporte neumático.	Capacidades de 1 900 a 6 700 kg/hora y de 11 a 300 m^3 de aire/min.
Descascaradora a rodillos "óptima"	Descascaradora de arroz. Capacidades 1 800/2 000 kg/hora.

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

Diagrama 1. Organigrama de la empresa estudiada, 1981.



Fuente: Elaboración propia a partir de un organigrama proporcionado por la empresa.

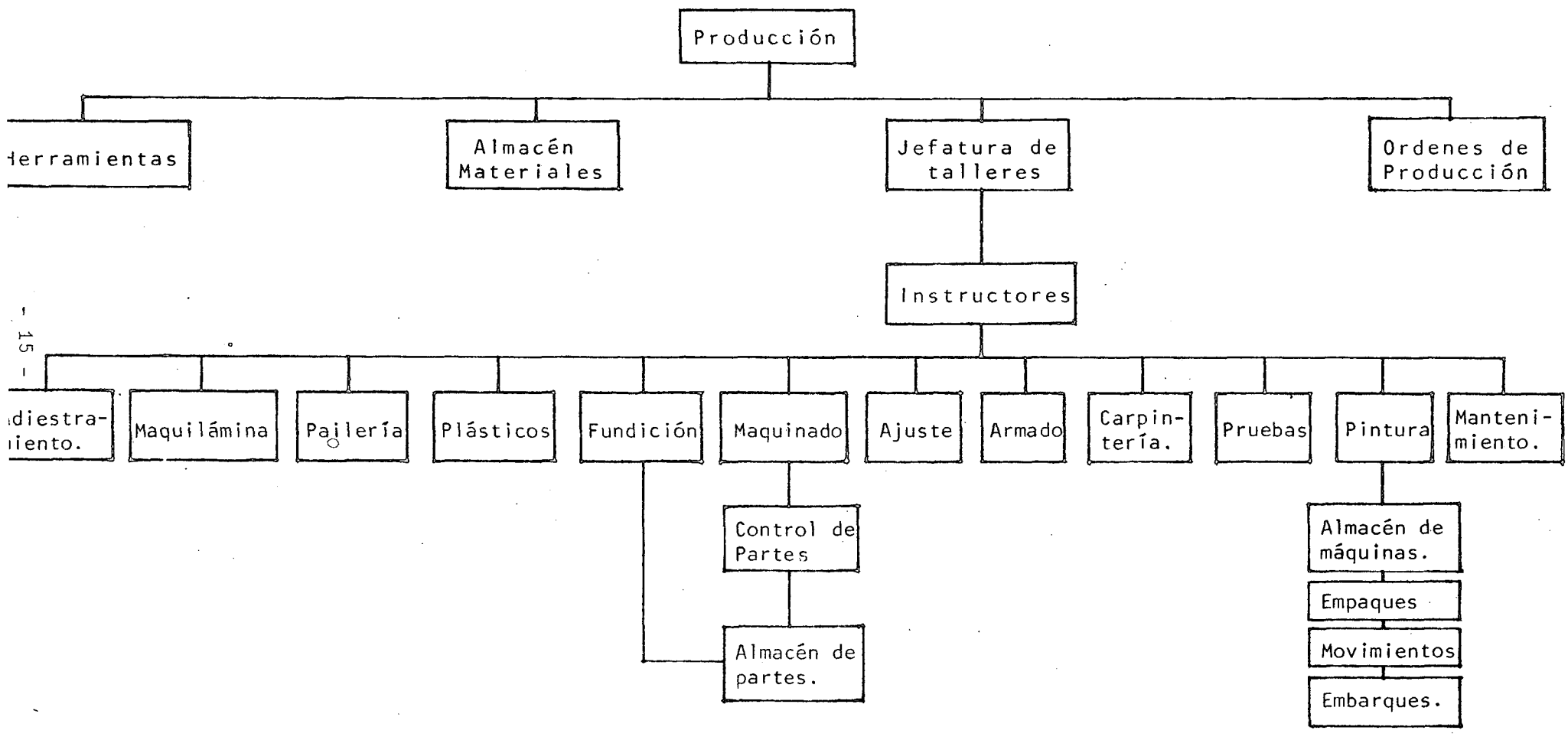
La dirección técnica de ventas ocupó el 12% del personal total en 1980. Se compone de cuatro departamentos. Uno, el de ventas, se encarga de establecer un vínculo con los molinos actuales y de detectar clientes potenciales. Tiene personal ingenieril y técnico, conocedor de la molienda y de máquinas. El departamento de ingeniería de proceso ocupa tres tecnólogos y se dedica a investigar procesos de molienda, con el fin de introducir algunas mejoras y alimentar con nuevas concepciones a la gerencia de diseño de la dirección de producción; también, elabora diagramas específicos del proceso que adoptaría un nuevo cliente. Estos diagramas los estudia el tercer departamento de la dirección, el de presupuesto y pedidos. Ya que cada pedido puede tener procesos alternativos, y generalmente cada molino tiene un proceso y un presupuesto diferente, se creó este departamento. El proceso decidido por este departamento se envía a la gerencia de diseño de la otra dirección. El cuarto departamento es el de montaje. Se encarga de hacer planos y diagramas de montaje, de organizar y ejecutar las tareas de instalación de máquinas o plantas completas.

En resumen, en esta dirección se desarrollan dos tipos de tecnología. Uno referido a tecnología de proceso de molienda, que es transferida a los demandantes de maquinaria. Otro, consistente en tecnología de producto, particularmente la investigación y desarrollo de nuevos atributos de máquinas y sistemas de molienda. El vínculo entre el departamento de ingeniería de proceso y el de diseño de otra dirección, ha permitido la producción de diversas innovaciones de productos. (Véase el diagrama 3)

En la dirección técnica de producción se concentra la mayor parte del personal ocupado, el 77%. Se compone de dos gerencias. La primera, la gerencia de diseño, cuenta con ocho personas y se dedica a la ingeniería de detalle y trazo de dibujos para cada máquina que produce la empresa, incluyendo productos regulares (aunque diferenciados) y nuevos. La gerencia de producción, es de gran tamaño (absorbe el 75% del personal) y desempeña una variedad de tareas. El diagrama 2 presenta su respectivo organigrama. Tiene cuatro departamentos. Dos de ellos (herramientas y almacén de materiales) alimenta a los talleres que dependen del departamento "jefatura de talleres". El cuarto departamento merece una mayor explicación de funciones, ya que en el se concentra la ingeniería industrial de la firma. La "jefatura de talleres"controla el trabajo a lo largo del proceso productivo de la planta. Lo describiremos en la siguiente sección.

El departamento de órdenes de producción elabora listas de tiempos standard, por pieza y por operario, para la transformación de piezas standard, las cuales son aproximadamente el 50% del total. También fija los tiempos de partes que tienen diseño diferenciado. Conforme se introducen nuevos diseños, se alteran las listas de tiempos y se fijan nuevamente, de acuerdo con el sindicato de la empresa. Se ha observado que un obstáculo para reucir los tiempos es el cambio continuo de diseños, lo cual dificulta que el operario logre una rutina. Otra función del departamento es la distribución de dibujos de piezas, armazones, etc. provenientes del departamento de diseño y destinados a los operarios a través de sus jefes o capataces.

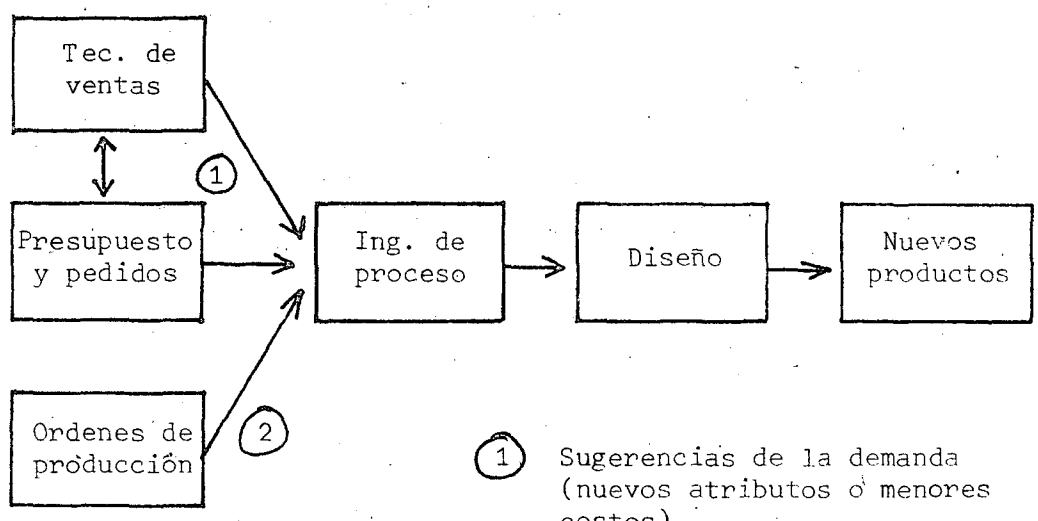
Diagrama 2. Organigrama de la gerencia de producción, 1981.



Fuente: Elaboración propia a partir de un organigrama proporcionado por la empresa.

Diagrama 3. Organización de la generación de tecnología metalmecánica en la empresa estudiada, 1981.

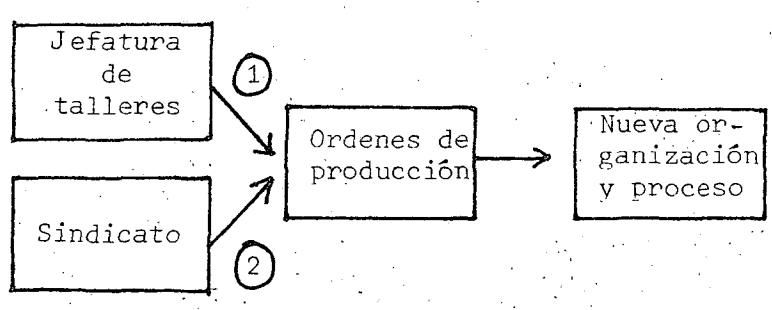
A. TECNOLOGIA DE PRODUCTO.



1 Sugerencias de la demanda (nuevos atributos o menores costos)

2 Sugerencias de los tecnólogos en proceso metalmecánico (standarización de piezas, diseños más simples)

B. TECNOLOGIA DE PROCESO



1 Sugerencias para reducir tiempos, distancias y movimientos, para aumentar productividad.

2 Demanda de mayor bienestar para el obrero.

Fuente: Elaboración propia, sobre entrevistas hechas al Director General.

Según lo mencionado en los dos párrafos anteriores, la tecnología de proceso metalmecánico de la firma se controla y utiliza en la dirección técnica de producción. La tecnología de proceso la controlan los departamentos "órdenes de producción", "jefatura de talleres", e "instructores". El rpimero domina la ingeniería industrial y los otros, la ingeniería metalúrgica, la ingeniería mecánica y técnicas de control de calidad. Además, esta dirección mantiene un lazo importante con la dirección técnica de ventas para la generación de tecnología de producto. (Véase el diagrama 3)

4. El proceso productivo.

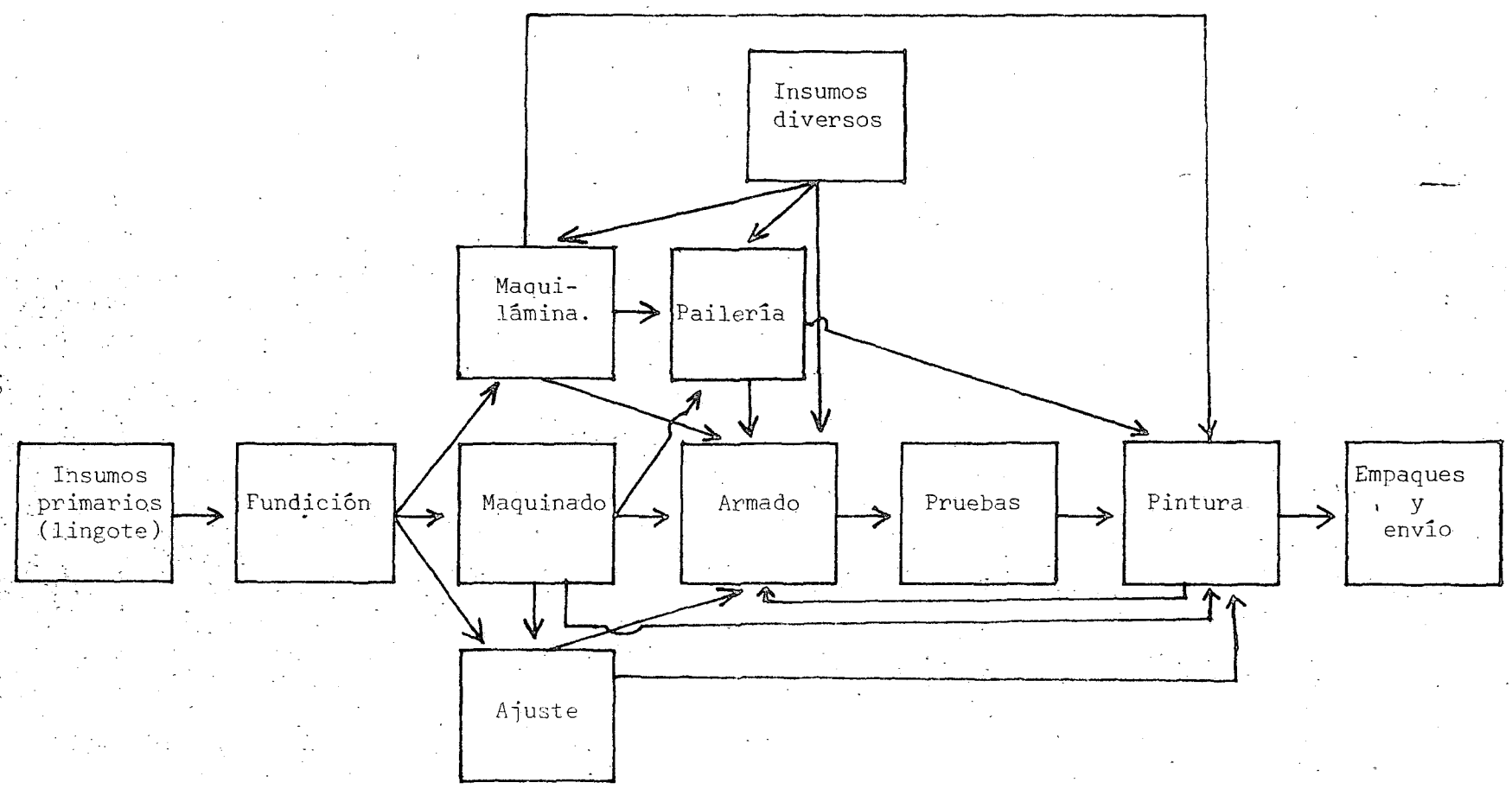
La organización fabril tiene un sistema funcional, o de tipo taller. Los talleres dependientes del departamento "jefatura de talleres" integran el proceso competo de fabricación, con excepción de algunos talleres auxiliares. En este sentido, se pueden distinguir dos tipos de talleres: uno productivo y otro auxiliar. Los del último tipo son el de mantenimiento, control de partes, almacén de partes, almacén de máquinas, empaques, movimientos y embarques. El taller de adiestramiento, en sí, no forma parte del proceso. Pero cumple con la doble función de capacitar operarios y producir piezas aunque a un ritmo relativamente lento. Puede ser considerado como productivo en un sentido y como auxiliar de prácticas, en otro. Puesto que el interés en esta sección es describir y caracterizar el proceso, sólo nos referiremos a los talleres productivos.

El proceso productivo de la planta consta de tres clases de actividades principales. Una se refiere al proceso de fundición, otra al proceso mecánico y la tercera se relaciona con diversos procesos no metalmecánicos complementarios, como por ejemplo la fabricación de plásticos y la carpintería. Lo que predomina en la industria de bienes de capital es el uso de procesos poco integrados verticalmente, y en ese sentido es insólito el hecho de que la firma estudiada funda y fabrique plásticos, a pequeñas escalas, para abastecerse únicamente a sí misma. El diagrama 4 presenta el flujo básico de varias fases del proceso productivo.

En la fundición se trabaja con lingote de hierro y aluminio principalmente. Se funden bancadas, cilindros y poleas. El volumen de material fundido había sido de 40 toneladas al mes en 1981. El equipo de fundición en 1982 era diverso. Al lado de hornos tradicionales y de baja capacidad, como los de cubilote y de crisol, se encontraban dos máquinas modernas instaladas en el curso del año. Estas son una moldeadora y una máquina automática limpiadora de piezas fundidas. De 30 máquinas y equipos, aproximadamente, que existen en el taller de fundición, dos corresponden a las últimas generaciones de equipo automatizado. Más adelante analizaremos los niveles de automatización del taller. En 1980, absorbió el 7% de la mano de obra directa y en 1979 el valor de su maquinaria representó el 5% del total de la planta. (Véase el cuadro 3)

El material fundido alimenta generalmente al taller de maquinado (en ocasiones se vincula directamente con el taller de ajuste y armado). En el maquinado se hacen usualmente las siguientes tareas:

Diagrama 4. El proceso productivo de la empresa estudiada, 1981.



Fuente: Elaboración propia, con base en un recorrido por la planta.

Cuadro 3. Distribución del empleo y el valor del stock de capital de la planta, 1979 y 1980.

Concepto	Porcentaje de la mano de obra directa 1980 a/	Porcentaje del valor del stock de maquinaria y equipo, 1979	Relación de maquinaria y equipo por obrero ($ miles/persona)
Montaje	8.9	0.8	8
Maquilá-mina.	2.1	13.0	576
Pailería	3.9	0.4	11
Plásticos	0.9	0.9	96
Fundición	7.4	5.1	69
Maquinado	19.0	63.0	307
Herramental y control de partes.	2.7	4.1	140
Ajuste y armado	27.4	2.4	8
Carpintería	7.4	2.2	28
Pruebas	0.6	0.9	138
Pintura y embarques	3.8	2.6	62
Mecánica general	8.4	2.5	28
Almacén de materiales	1.8	1.2	62
Otros	5.7	0.4	6
Total	100.0	100.0	93

a/ Obreros empleados en cada sección, porque no contamos con información de horas-hombre por departamento.

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

-corte de materiales primarios (incluye corte y perforación de lámina)
-laminado de cilindros y poleas
-fresado de bancada
-rectificado de superficies de cilindros
-cepillado de bancadas
-estirado y pulido de cilindros
-mandrilado de bancada y estructuras
-cortado de engranajes de transimisión
-mortajado de cuñeros
-taladro de tapas y estructuras

El taller de maquinado es el de mayor tamaño, en términos del valor de la maquinaria y equipo, ya que representaba el 63% del total en 1979. Absorbía el 19% de los obreros en 1980. Comprende unas 65 máquinas-herramienta, de las cuales 35 son tornos. Su nivel de automatización es diverso. Casi todas las máquinas son universales. Dispone de tres máquinas semi-automatizadas (dos taladros radiales y uno múltiple) y tres automáticas (una cortadora y perforadora de placa computarizada, un torno paralelo de control numérico computarizado y un torno copiador con mandos electrónicos no computarizado). Además,la empresa acaba de comprar otros dos tornos copiadores y se espera que se instalen en el curso del año 1982. El cuadro 4 ofrece datos de 1979 que no incluyen los tornos copiadores ni el de control numérico, ni el taladro múltiple. El cuadro indica que el 73% del valor de la maquinaria del taller de maquinado correspondía a máquinas universales, el 25% a las automáticas y el 2% a las semi-automáticas. Los por cientos cambiaron de 1979 a 1982, elevándose los referidos a las máquinas automáticas y a las semi-automáticas. Aunque el cuadro 4 no incluye la adquisición reciente de máquinas automáticas y semi-automáticas en varios departamentos, la conclusión de que el de maquinado es el taller con mayor grado de automatización de la planta se estima válida para 1982.

Cuadro 4. Distribución en algunos talleres del valor presente neto de la maquinaria de la planta, según su grado de automatización, 1979.

(En porcientos)

Taller metalmecánico	Nivel de automatización: Automático a/	Semiautomatico.	Universal	Total
Fundición	0	0	100	100
Maquilámina	0	32	68	100
Maquinado	25	2	73	100
Mecánica general (aprendices)	0	0	100	100
Pailería	0	0	100	100
Ajuste y armado	0	0	100	100
Pruebas	0	0	100	100
Pintura y embarque	0	0	100	100

a/ No incluye máquinas transfer, centros de maquinado ni otro equipo industrial autómata.

Fuente: Elaborado a partir de datos proporcionados por la empresa.

El taller de maquinado es uno de los que absorbe más trabajo. El porcentaje mencionado en el párrafo anterior, con respecto al número de obreros ocupados, lo manifiesta. También otras cifras de horas de trabajo. Aunque las cargas de trabajo varían según el tipo de pieza a maquinar, el cuadro 5 nos ilustra un caso extremo de fuerte carga de trabajo en este taller, y se aprecia que casi dos terceras partes del ciclo de producción corresponden al mismo. El taller alimenta generalmente al taller de armado y al de pailería; ocasionalmente, al de ajuste.

Cuadro 5. Distribución del tiempo de producción de un banco doble, 1981.

Departamento	Horas trabajadas (%)
Fundición	5.7
Maquinado	62.2
Carpintería	4.3
Ajuste	19.6
Pruebas	0.7
Pintura	4.4
Retoque y pulido	0.7
Empaque	2.4
Total	100.0

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

El taller de maquilámina es abastecido de láminas y otros productos metálicos, principalmente por el taller de fundición y, ocasionalmente, por proveedores externos a la empresa. En este taller se desempeñan tareas de conformado de metales. Se traza y corta lámina de acero, se cortan y estampan tapas, se rolan y doblan tapas, se doblan tubos, y se conforman espirales, principalmente. El taller es uno de los que menos absorbe mano de obra y uno de los que tiene mayor valor de capital (sólo es superado por el de maquinado), de tal manera que tiene una intensidad de capital elevada. (Véase el cuadro 3) Dispone de 12 máquinas, entre las cuales hay una semi-automática (conformadora de espirales). El taller abastece a los de armado y de pailería.

Las tareas de la pailería son sencillas, básicamente de soldadura y taladrado de partes. Ocupa poca mano de obra y es el taller con menos inversión en maquinaria y equipo de la planta. Los subconjuntos soldados son enviados al taller de armado.

En el taller de ajuste se pulen y taladran armazones fundidos, y algunas piezas maquinadas para el ensamble final. Este taller está muy vinculado con el de armado y ya en la planta ha sido considerado como fusionado en uno con el de armado.

El taller de armado es abastecido en casi su totalidad por material de la misma planta, y en una pequeña proporción, por insumos externos. Los talleres de maquinado, maquilámina, pailería y armado lo alimentan internamente para ejecutar el ensamble final. Algunas piezas son pintadas y semi-acabadas antes del armado. En este taller y en el de ajuste se concentra la mayor cantidad de obreros, absorbiendo el 27% de la planta. Su stock de maquinaria es bajo, de tal manera que es el taller más intensivo en mano de obra de la planta (véase el cuadro 3). Su equipamiento no es automático ni semi-automático.

En el taller de pruebas se efectúa la medición de calibres, dimensiones, perforaciones, dureza, etc.; se hace también observación microscópica, probado de roscas, calibrado de engranajes, ajuste de revoluciones y tensión, ajuste general y prueba de servicio. Se utiliza una diversidad de equipo e instrumentos científicos, como micrómetro, microscopios, balanceadora dinámica, afiladoras, etc. El control de calidad se lleva a cabo tanto sobre las piezas, como sobre la maquinaria armada. Este taller es el más pequeño de la planta en términos del personal ocupado y uno de los más chicos en cuanto a su monto de inversión en equipamiento. (Véase el cuadro 3)

El taller de pintura tiene como funciones el cromado y niquelado de manijas, hacer limpiezas y pintar con pistola de aire en caseta.

En resumen, el proceso de la planta está muy integrado verticalmente. Tiene una serie de talleres. Es discontinuo. En general, su maquinaria y equipo es de tipo universal, como el de cualquier taller mediano, y empieza a incorporar lentamente máquinas de control numérico. Tiene un mínimo de vínculos con proveedores y no existe relación con subcontratistas.

Además de las características anotadas, no debemos pasar por alto la de que el proceso hace uso de algunas máquinas construidas por la propia empresa. Ella tenía 12 máquinas y 100 equipos auxiliares de su propia manufactura en 1979. En términos del valor presente, tal equipamiento significaba el 7% del total de maquinaria y equipo en tal año. (Del equipo auxiliar, era el 37%). Esta maquinaria producida para uso propio se concentra en los talleres de ajuste y armado, y fundición. Pero casi en todos los talleres metalmecánicos de la planta hay por lo menos un equipo de este tipo. (Véase el cuadro 6) Este es un rasgo que tienen otras empresas de la industria nacional de equipo para alimentos y bebidas. En 1975 produjeron para sí el equivalente al 3.5% de su stock de maquinaria y equipo (en un sólo año); en tanto que el porcentaje para la generalidad de los productores locales de maquinaria y equipo (excepto eléctrico) fué 0.9%, según datos del censo industrial de 1975.

Cuadro 6. Distribución de maquinaria y equipo producidos por la planta para su propio uso, hasta 1979.

(1) Taller	(2) Máquinas	(3) Equipos auxiliares	(4) Máquinas y equipos (2) + (3)
Fundición	7	8	15
Maquilámina	1	0	1
Maquinado	0	2	2
Pailería	0	1	1
Mecánica general	0	0	0
Ajuste y armado	0	74	74
Herramental y control de calidad.	0	0	0
Pruebas	4	0	4
Carpintería	0	9	9
Pinturas y embarque	0	7	7
Plásticos	0	0	0
Almacén de materiales.	0	0	0
Montaje	0	0	0
Total	12	101	113
% de la planta en valor ($)	2.1	37	7.1

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

En el sector industrial alimentario de México, la industria harinera es un demandante importante de maquinaria. La planta harinera promedio tenía un stock de maquinaria y equipo con un valor equivalente a 10 veces el de la planta promedio del sector alimentario (véase el cuadro 7). En particular, las fábricas de harina de trigo son relativamente intensas en capital y de alta productividad, en comparación con el sector alimentario. La relación de activo fijo por trabajador de una harinera de trigo pequeña es mayor que la de una fábrica de alimentos mediana. La intensidad en capital de una harinera de trigo mediana es mayor que la de un fabricante de alimentos grande. La productividad laboral de una harinera pequeña es comparable con la de un fabricante de alimentos mediano y la de una harinera grande es superior a la de productores alimentarios de cualquier tamaño. (Véase el cuadro 8)

Las fábricas de harina de trigo observan una participación elevada en la demanda de maquinaria para diversos tipos de molienda. Podemos distinguir seis ramas de la industria molinera según el tipo de producto: harina de trigo, harina de maíz, beneficio de arroz, beneficio de otros productos agrícolas (excepto el café), alimentos para animales y otras harinas de cereales y leguminosas. La compra de maquinaria para molinos, acumulada hasta 1975 (valor neto, descontada la depreciación), se concentraba en tres de tales ramas: alimentos para animales, harina de trigo y harina de maíz. Ellas absorbían el 79% de la inversión en maquinaria de la industria nacional del molino. Las tres ramas referidas comprendían el 59% de los establecimientos en tal industria. (Véase el cuadro 7)

El activo fijo bruto de las harineras de trigo se concentra en los establecimientos medianos, los cuales tienen dos tercios del total. Ellos representan el 62% del número de establecimientos de esta industria. (Véase el cuadro 8) Tanto por su participación el el stock de capital de la industria referida, como por su número, ellos son los principales demandantes de maquinaria en esta rama.

Los molinos de trigo tuvieron un alto ritmo de instalación de plantas, entre 1940 y 1964. Después de ese año, se observó una reducción en la tasa de instalaciones. La caída en la demanda de maquinaria para la instalación de molinos registrada después de 1964, se suavizó con una demanda creciente de maquinaria para ampliaciones de plantas harineras, sobre todo de 1974 en adelante. 2/

2/ Estas afirmaciones se basan en entrevistas con algunos industriales del ramo y con la propia empresa estudiada. Con respecto a la evolución de la capacidad nacional de molienda, a principios de los cincuentas el Estado decretó un control restrictivo de instalaciones y ampliaciones de molinos de trigo. El Estado consideraba que había un exceso considerable de capacidad instalada sobre la demanda de harina y mediante su regulación intentaba proteger a los molinos ya instalados, cuya situación económica parecía estar en crisis. Pero pese a tal decreto, siguieron instalándose más plantas harineras y efectuándose ampliaciones. No fué sino hasta mediados de los sesentas que se apreció una reducción en la instalación de molinos, presumiblemente por razones de rentabilidad más que por decreto gubernamental. El decreto estuvo en vigencia pocos años y durante tal período se autorizaron varias instalaciones y ampliaciones de fábricas harineras. Véase por ejemplo, H. González, El mercado de la harina de trigo en Monterrey (tesis), Facultad de Economía, Universidad de Nuevo León, Monterrey. N.L., México, 1966. Pág. 30-32.

Cuadro 7. Distribución de la compra de maquinaria y equipo en la industria nacional del molino, 1975.

Tipo de demandantes	Núm. de plantas	Maquinaria y equipo en diciembre, 1975 a/	
		%	Promedio por planta (miles de $)
Productores de harina de trigo.	158	24.5	1,651
Productores de harina de maíz.	30	24.0	8,485
Plantas de descascarado limpieza y pulido de arroz.	46	5.5	1,269
Plantas de desgrane, descascarado, pulido, selección y tostado de otros productos agrícolas.	53	4.5	898
Productores de otras harinas de cereales y leguminosas.	249	10.7	457
Fabricantes de alimentos para animales.	305	30.8	1,073
TOTAL	841	100.0	1,264
Industria alimentaria nacional.	56,692	-	144

a/ Valor de la maquinaria y el equipo, descontada la depreciación.

Fuente: Elaborado con datos de la Dirección General de Estadística, X Censo Industrial-1976, México, 1979.

Cuadro 8. Distribución del activo fijo, intensidad de capital y productividad laboral, según el tamaño de los establecimientos, en la industria de harina de trigo y el sector alimentario en México, 1975.

Industria y tipo de establecimientos	Núm. de establecimientos (%)	Trabajadores por establecimiento (promedio)	Activo fijo bruto (%)	Activo fijo bruto por trabajador ($ miles/persona)	Valor agregado por trabajador ($ miles/persona)
Industria de harina de trigo	158 a/	48	1 161.4 a/	154.4	158.7
-Artesanales b/	5.7	1	0.1	53.2	9.7
-Pequeños c/	24.1	15	5.4	107.8	69.1
-Medianos d/	62.0	44	63.4	170.2	160.8
-Grandes e/	8.2	84	31.1	217.1	216.5
Industria alimentaria	56 152 a/	5	22,657 a/	74.5	68.7
-Artesanales b/	67.1	2	3.4	11.5	10.2
-Pequeños c/	31.3	5	11.6	32.0	44.9
-Medianos d/	1.2	101	30.2	97.3	70.9
-Grandes e/	0.3	299	31.3	151.5	108.9
-Gigantes f/	0.1	606	23.5	141.5	171.2

a/ Cifras absolutas, a partir de las cuales se obtuvieron los porcentajes.

b/ Con valores de su producción bruta de 170 000 pesos en el año, o menos.

c/ Con una producción bruta entre 171 000 pesos y 8 500.000 pesos en el año.

d/ Con una producción bruta de 8 501 000 pesos a 85 000 000 pesos en el año.

e/ Con una producción bruta de 85 000 000 pesos a 255 000 000 pesos en el año.

f/ Con una producción bruta mayor a 255 000 000 pesos en el año.

Fuente: Dirección General de Estadística, El sector alimentario en México, México, D.F., 1981.

Además de estos cambios en el ritmo de crecimiento de la demanda, se distingue otra discontinuidad. Primero, existió una etapa en la cual la demanda se orientaba hacia fuentes externas, desde fines del siglo pasado hasta mediados del presente siglo. Después de 1960 hubo otra fase en la que la demanda se dirigió a fuentes locales en un marco de protección. 3/ Este cambio fué el resultado de una política proteccionista que se empezó a implementar en 1956 y a la que se adhirió la empresa estudiada. En tal año las fracciones arancelarias no eran muy significativas ya que se aplicaban a un sólo producto y el gravamen era reducido. Para el año de 1961, había ya 20 fracciones arancelarias referidas a maquinaria para molinos. La protección era de 20% sobre el precio del equipo más 20 centavos por kilogramo bruto. También, en los sesentas, había control de importaciones por permisos, canalizando la solicitud de permiso hacia la empresa estudiada y su competidora. En caso de que ellas pudieran cubrir el pedido, en un plazo y con un presupuesto "razonable", se negaba el permiso de importación. En el caso contrario, se extendía el permiso y se aplicaban ciertos gravamenes que variaban según la lista de fracciones arancelarias, desde cero hasta más de 20%. Esta política aún se sigue practicando en la actualidad.

Se estima que un 90% de los molinos instalados antes de 1961 importó maquinaria para establecerse y el 10% restante compró el equipo a la empresa estudiada. Por otro lado, se estima que sólo el 10% de los molinos que se instalaron en el período de 1961 en adelante, adquirieron su equipo de proveedores extranjeros.

De acuerdo a algunos fabricantes de harina, antes de 1961, los principales criterios de la selección de oferentes eran la calidad y el avance técnico de la maquinaria. Después de ese año, surgió una nueva e importante razón para elegir un proveedor: la obligación, por decreto Estatal, de hacer la instalación con los productos y los servicios de un oferente local.

Con respecto a los proyectos de ampliación de molinos, el mayor número de expansiones ha ocurrido en los últimos 10 años (considerando las ampliaciones efectuadas desde 1940). En el tiempo, la demanda de maquinaria que tales expansiones han generado, ha cambiado su orientación. De haberse orientado la mayoría hacia el extranjero antes de 1961, se abasteció casi totalmente de oferentes nacionales después de tal año. La mayoría de los molinos instalados con máquinas importadas y que posteriormente se ampliaron, 4/ lo hicieron incorporando maquinaria de los oferentes locales.

Hasta ahora, hemos determinado que la demanda nacional de maquinaria para molinos de trigo ha reducido su ritmo de crecimiento en los últimos 15 años, su importancia comparada con máquinas para otros tipos de molinos ha sido eleva-

---

3/ Esta tendencia es reconocida por varios industriales del ramo y por la empresa estudiada.

4/ Generalmente los molinos mexicanos que se amplían tienen como 20 años de actividades, en opinión de varios industriales del ramo.

da, que los principales demandantes son de tamaño mediano, intensivos en capital, con una productividad laboral relativamente alta y sus decisiones de selección entre un proveedor de maquinaria extranjero y uno nacional han estado determinadas por una política proteccionista, en favor del último. Pero queda por responder una pregunta importante por su vinculación directa con el presente estudio de caso: ¿Cómo ven los demandantes a la empresa estudiada y a su competidora local? Anteriormente se mencionó que hemos tenido la oportunidad de hablar con varios fabricantes de harina de trigo. De ellos, los usuarios de los productos de la empresa estudiada tienen en general una buena opinión con respecto a la calidad, el grado de avance técnico, y la construcción de las máquinas, así como de los servicios de instalación, modernización y de asistencia técnica. Pero tienen quejas sobre el precio de las máquinas y el hecho de estar forzados a comprar lo ofrecido localmente. Las opiniones de los clientes de la competidora no varían mucho con respecto a los otros. Insisten en la calidad de las máquinas y la confianza que tienen en la manufactura de la competidora por el prestigio y la experiencia de la organización multinacional a la que pertenece. No establecen una diferencia apreciable entre los precios ofrecidos por una y otra empresa. Las repercusiones de este perfil de demandantes en el comportamiento de los dos oferentes locales serán examinados más adelante.

2. Origen, evolución y situación presente de la firma competidora. 5/

La competidora es filial de un grupo multinacional cuya matriz está en Suiza. Su capital es totalmente extranjero. 6/ Originalmente, desde antes de la Segunda Guerra Mundial, funcionaba en México como distribuidor de equipo de molinería, carga y descarga, y otros equipos. Al sufrir la competencia de la empresa mexicana, que se beneficiaba de crecientes medidas proteccionistas, decidió producir máquinas localmente. La firma montó la fábrica en 1960 e inició operaciones en 1961. No le fué difícil conservar la demanda de molinos por el prestigio de su marca entre los molineros mexicanos.

El origen de la competidora establece algunas diferencias con la empresa estudiada que es importante examinar. Primero, la firma estudiada tuvo su comienzo como taller informal de reconstrucción de maquinaria, que fué aprendiendo tecnología de producto y de proceso con base en la copia y en idear adaptaciones propias. En cambio la competidora se estableció como una subsidiaria de capital extranjero, formal, que adoptó estrictamente la senda tecnológica de su casa matriz. Estas condiciones de arranque diferentes provocaron, de un lado, la generación de tecnología con rasgos idiosincráticos que con el tiempo pondrían a la firma estudiada en una posición competitiva fuerte en el mercado local y el extranjero

---

5/ La información de esta empresa se obtuvo de diferentes fuentes: de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación, que nos proporcionó la mayoría de la información cuantitativa; de personas que han visitado a la empresa; y de varios fabricantes de harinas. La empresa se negó a colaborar con la investigación y por ello no fué posible profundizar más en su comportamiento.

6/ En 1972 la casa matriz compró las acciones de una empresa alemana también dedicada a la fabricación de maquinaria para molinos. Esa firma tenía una experiencia superior a 120 años en el ramo. Con esa fusión, la empresa multinacional quedó en posición de dominio en los mercados internacionales.

donde se demandan plantas y equipos sobre diseños únicos. El origen de la competidora fué condicionando una evolución tecnológica fundamentalmente receptiva y dependiente del prestigio, los diseños y las decisiones del grupo multinacional.

El segundo tipo de diferencia en el principio de la historia de estas empresas se refiere al distinto grado de desarrollo industrial mexicano en que se establecieron. El hecho de que la empresa estudiada haya iniciado activiades en una época previa al desarrollo industrial y el que la competidora haya comenzado su fabricación en plena industrialización sustitutiva de importaciones significa que la primera no contó con las facilidades de infraestructura manufacturera (obreros de cierta calificación, talleres subcontratistas, proveedores de materiales y maquinaria, etc.) ni con el fomento gubernamental con que contó la segunda. Particularmente ello provocó una conducta autosuficiente de la primera firma (que perduraría en el futuro), sin vínculos de subcontratación, produciendo lo máximo posible para sí (desde materiales fundidos y plásticos, hasta máquinas y equipos), y adiestrando personal regularmente, sin contratarlo calificado en el mercado de trabajo. La conducta de la competidora es lo opuesto a la empresa estudiada. Desde sus origenes, la competidora se fué vinculando con el aparato productivo local ("integración nacional"), de tal manera que subcontrató a varios talleres que ya existían en ese tiempo y estableció un control sobre la calidad del trabajo y los plazos de entrega. La planta de la matriz también ha subcontratado. Hoy, la integración nacional de la competidora representa en promedio el 75% del valor del producto final. De esa proporción, la firma subcontrata como la mitad. El 25% restante lo importa de Argentina y Brasil. Posiblemente el hecho de que la matriz tiene empresas también en estos países explica el origen de tales importaciones.

Además de estas sendas de comportamiento, en la evolución de la competidora se destacan dos fases: una de crecimiento, medido en términos del personal ocupado, de inicio de actividades a 1970; y otra de reducción paulatina de tamaño, de 1970 a 1980. En los primeros años, su personal aumenta más que el de la empresa estudiada,y en la década de los setentas la tendencia se invierte. 7/ Estos cambios en tamaño pueden asociarse, por un lado al grado de integración vertical del proceso y los vínculos de subcontratación, y, por otro lado,a la trayectoria de la demanda interna a la que está orientada la competidora porque no puede exportar de acuerdo a la decisión de la matriz. 8/ En los primeros años el proceso incluía maquinado, tratamiento de láminas, montaje y pintura,básicamente, y la subcontratación de maquiladoras metalmecánicas no era amplia como lo fué después. En los setentas, se redujeron las tareas de maquinado y tratamiento de láminas; incluso a fines de esa década virtualmente se abandonaron; y la subcontratación fué aumentando. Además, el mercado interno de maquinaria para molinos observó una contracción en dicho decenio, tal y como se dijo en la sección anterior. Ello provocó los cambios de tamaño mencionados y una reducción en la

---

7/ En toda su historia, la competidora ha ocupado personal en una proporción menor a 40% del empleado por la empresa estudiada (véase el cuadro 9).

8/ En la estrategia mundial de la firma multinacional se le ha asignado el rol de cubrir el mercado mexicano. Hay otras filiales en Brasil y Argentina, las cuales posiblemente cubran los mercados que interesan al grupo y a los que la competidora podría exportar.

equipos. Quien les informó del productor mexicano fué el fabricante alemán de equipo para laboratorio de harina que el fundador de la firma estudiada había representado en México de 1937 a 1940 y lo siguió representando después de la II Guerra Mundial. En consecuencia, ellos visitaron al proveedor mexicano y lo seleccionaron para construir las máquinas requeridas. Ellos tomaron tal decisión porque juzgaron que las máquinas mexicanas eran similares en calidad, técnica y precio a las europeas.

De acuerdo a lo anterior, la primera exportación de la firma resultó de una demanda activa y de la calidad, técnica y precio ofrecidos, habiéndose favorecido por los vínculos que el fundador de la empresa había mantenido con el productor de equipo de laboratorio de harinas mencionado anteriormente. No se debió a una política activa de la empresa estudiada enfocada a penetrar en el mercado externo. Además, es preciso señalar que esta transacción significó un reconocimiento a la calidad del producto y a la capacidad de diseño "a la medida" de la firma estudiada.

Después de esta exportación, la empresa mexicana se comportó activa en promover otras ventas en el mercado estadounidense, participando anualmente en las convenciones de los técnicos molineros de aquel país. Con el tiempo, la empresa hizo un convenio con una distribuidora establecida en Estados Unidos para que representara sus máquinas y en general sus intereses comerciales. Esa empresa exhibe los equipos de la firma estudiada.

Con el antecedente de haber exportado a Estados Unidos, la firma obtuvo pedidos de ese país y de otros latinoamericanos. Ha tenido como clientes a las siguientes empresas estadounidenses: ADM Milling Co., Amber Milling Division, Barry State Milling Co., General Mills Inc., International Multifoods, Mennel Milling Co., Peavy Co., The Pillsbury Co., Wichita Flour Mills y otros. Entre los clientes latinoamericanos están las siguientes empresas argentinas: Molinos Río de la Plata, Morixe Hermanos, Elaboradora Argentina de Cereales, Francisco Cores Ltda, etc.

En 1970, la empresa participó en un concurso internacional para la instalación de una planta harinera en Costa Rica y resultó ganadora. Se presentaron dos propuestas. Una de un grupo costarricense en el cual había participación de molineros locales, capital norteamericano y maquinaria suiza. La otra propuesta correspondió a la empresa bajo estudio que aportaría la maquinaria y un grupo de mexicanos y costarricenses que disponía del capital necesario para la inversión. El contrato fué otorgado por el gobierno de Costa Rica a la empresa estudiada, debido a los menores costos, la eficiencia y la capacitación ofrecida. La operación implicaba evidentemente la venta de una planta llave en mano. La capacidad del molino al inicio de operaciones, era de 300 toneladas de harina diarias, posteriormente realizó una ampliación a 400 toneladas diarias. En 1981 se hizo otra ampliación más para aumentar la capacidad de 400 a 500 toneladas diarias, la cual es suficiente para abastecer a todo el país. El molino instalado funciona automáticamente. Sólo requiere de tres personas para vigilar el funcionamiento de todo el equipo.

De los diversos países a los que ha exportado, Estados Unidos ha sido el más importante para la firma. Más de la mitad de sus exportaciones se han destinado a ese país.

El cuadro 10 muestra el peso de las exportaciones en las ventas de la empresa, el cual llegó a ser de 35% en 1977. Desde ese año los porcientos han sido cada vez menores, hsta llegar al mínimo registrado en 1981, de 6%. Esta tendencia parece haberse debido principalmente a una creciente competencia, particularmente de la empresa multinacional suiza. Dicha empresa parece haber ganado terreno en el mercado norteamericano, a base de menores precios. La empresa estudiada se queja de ciertas desventajas, tales como la obtención de menores subsidios que las competidoras, para los efectos de ofrecer precios más competitivos.

Cuadro 10. Participación de las exportaciones en las ventas de la empresa, 1975-1981.

Año	Participación de las exportaciones en las ventas (%)	Ventas a precios constantes (núm. índice)
1975	18	100
1976	32	98
1977	35	102
1978	21	104
1979	15	99
1980	16	118
1981	6	118

Fuente: Elaborado con datos proporcionados por la empresa.

Al margen de las recientes tendencias, la exportación ha significado una alternativa de venta importante para la empresa, particularmente cuando la demanda interna está en un ciclo depresivo. La empresa ha podido exportar en un clima claramente más competitivo que el ambiente interno, debido a por lo menos tres factores principales:

a. El hecho de haberse mantenido exportando a Estados Unidos durante más de 20 años. Esto ha significado un reconocimiento a la calidad del diseño y construcción del equipo y ha fortalecido su participación tanto en este mercado como en otros de centroamérica.

b. El segundo factor es tecnológico. La organización del proceso productivo involucrado en la fabricación de estas máquinas no es en serie; es de acuerdo al pedido virtualmente individual. Y el diseño de las plantas usualmente es diferenciado. Estas características condicionan un proceso "batch", intensivo en trabajo y con pocas secciones automatizables. Ello concede una ventaja comparativa a plantas metalmecánicas, como la del caso, que dominan el proceso de molienda, que tienen una gran capacidad de diseño y que organizan su producción con mano de obra calificada y relativamente barata.

c. El tercer factor se refiere a un precio subsidiado. El precio competitivo que ha logrado ofrecer la firma, se ha apoyado en subsidios que como estímulos a la exportación le ofrece el gobierno mexicano. Estos subsidios son el 11% del valor agregado de la mercancía exportada.

Además, la empresa ha podido reducir costos para la mercancía exportada, por medio de créditos del Fondo Nacional para Exportaciones (FONEP), a tasas de interés muy bajas (con una diferencia de 1 a 3 respecto a la banca privada), y mediante ahorros de gastos de cobranza, porque el FONEP se encarga de cobrar el pedido.

4. Repercusiones del mercado en el comportamiento de la empresa estudiada.

La morfología de mercados que acabamos de revisar ha generado una serie de efectos sobre la conducta de la empresa estudiada y la de la competidora. Aunque el comportamiento de la primera será analizado con mayor detalle en el siguiente capítulo, será explorado brevemente en esta sección, en la medida que se relacione con las características del mercado.

Primeramente, el tamaño del mercado interno y su crecimiento observado durante el período 1900-1965 atrajeron el establecimiento de las dos firmas. Particularmente, el proteccionismo que se inició a fines de los cincuentas contribuyó de manera importante a la presencia de una subsidiaria de una empresa multinacional en el país, como la mejor forma de salvar su mercado local y de competir con la firma estudiada. En este largo período de demanda creciente, la empresa estudiada creció, se transformó de taller a planta industrial, cambió de lay-out y comenzó a exportar. La competidora pasó de ser una oficina de ventas a una planta manufacturera de maquinaria. Puesto que el principal demandante mexicano de maquinaria para molinos es el productor de harina de trigo, en éste segmento de mercado concentraran las dos empresas su atención y lo han mantenido controlado, evitando la entrada a otros, con una serie de patentes y con la ayuda de la política industrial de protección.

De 1965 en adelante, la demanda fué más cíclica y tendió en el largo plazo a decrecer. Esto provocó ampliaciones en el "mix" de productos de las dos empresas. En particular, la empresa estudiada comenzó a generar diseños de molinos de arroz y a producir equipos neumáticos para industrias diversas, elevadores de personal, etc. Además, ella aumentó sus exportaciones y las concibió como alternativa importante de venta en ciclos depresivos del mercado interno. 11/ La empresa competidora, además de aumentar su "mix", tendió a reducr su integración porque sus lotes de producción eran cada vez menores y los costos unitarios iban en aumento. Es decir, la demanda decreciente a largo plazo, generó efectos dife-

11/ Aunque no tenemos cifras, mencionamos en la sección anterior de la exportación de una planta llave en mano en 1969. También contamos con las declaraciones del director de la empresa en el sentido de que cuando la demanda local se contrae, busca exportar más.

rentes en las dos empresas, una exportó y desarrolló tecnología de producto en un "mix" más amplio, y la otra cambió su proceso y amplió su mix. Esto sucedió así, posiblemente porque la primera no tenía obstáculos importantes para exportar y tenía capacidad de diseño, en cambio la segunda no podía exportar en el esquema global de su grupo multinacional y tanto la capacidad como las decisiones de diseño estaban en la casa matriz.

Las medidas de protección a la industria local, desde 1956 (sobre todo 1961), justificaron la permanencia de la competidora (subsidiaria) y, con respecto a la empresa estudiada, significaron una reducción importante de presiones competitivas durante un período largo, de 1961 a fines de los setentas (1978-1979). Después de 1979 tales medidas se hicieron más flexibles y la presión competitiva se sintió mayor. De acuerdo a tales presiones, durante largo tiempo la empresa estudiada no se preocupó demasiado por abatir sus costos y se esforzó especialmente en diferenciar sus productos, introduciendo una serie de innovaciones patentadas y no patentadas. Como no tuvo una política de abatimiento importante de costos durante 1961-1976, no intensificó cambios en la tecnología de proceso, tanto como lo hizo con la tecnología de producto. Pero, a fines de los setentas y principios de los ochentas, el control de las importaciones de maquinaria para molino se hizo más flexible, concediéndose varios permisos de importación y sometiéndose a negociación el monto de aranceles a pagar (generalmente con descuentos). 12/ Entonces la empresa decidió, en 1981, reducir costos hasta lo máximo posible y aumentar su productividad. Para ello, empezó a adquirir máquinas de control numérico computarizado (CNC), reorganizó su proceso e incrementó la capacitación a sus obreros. Es decir, pasó de una etapa intensa en tecnología de producto a otra de cambios en el proceso metalmecánico. Estas medidas de la firma se deben reforzar por el hecho de que los demandantes locales han estado evidentemente descontentos con las restricciones a la importación y con los precios locales relativamente elevados, con respecto a los del exterior.

El que la calidad y la técnica hayan sido los principales criterios del demandante para seleccionar proveedores bien pudo haberse intuído de parte de estos. Por ello, la empresa estudiada generó varias patentes y divulgó mediante catálogos y exhibiciones sus diseños diferentes y novedosos. También por ello, la competidora ha puesto gran énfasis en el diseño y la marca de su matriz, como indicadores de alta técnica y buena calidad.

La competencia que ha habido entre las dos empresas locales no ha sido de precios, sino de la calidad del producto y ha generado una gama de diseños. Pero recientemente parece que se inició un giro en la forma de competencia. Ante un control de las importaciones más flexible y una tendencia decreciente en la demanda interna, el precio ha pasado a tener un rol más importante que antes. La empresa estudiada ha estado presionada por la competidora, subsidiaria de una transnacional, pero ahora siente una competencia mayor y, en consecuencia, decidió automatizar algunos tramos de su proceso para mejorar su productividad y poder ofrecer precios más competitivos, además de buena calidad.

12/ Este cambio se debió, posiblemente, a la política del Gobierno sobre el Sistema Alimentario Mexicano (SAM) que concede primera prioridad a la producción de alimentos (harina de trigo, por ejemplo) y ofrece una serie de estímulos y concesiones para elevar su oferta.

IV. EL DESEMPEÑO ECONOMICO Y EL CAMBIO TECNOLOGICO DE LA EMPRESA POR ETAPAS HISTORICAS

En los dos capítulos anteriores analizamos el origen de la empresa, presentamos sus principales cambios en el transcurso del tiempo, examinamos la dinámica y la estructura del mercado interno, exploramos el mercado externo y relacionamos la morfología de los mercados con el comportamiento de la firma estudiada, así como con la conducta de la empresa competidora. Hasta este punto, se ha logrado una idea de la historia de la firma, particularmente en el campo tecnológico, y de los principales factores que la han determinado. Partiendo de este conocimiento, pretendemos analizar con mayor detalle dicha historia en este capítulo, de tal manera que particularicemos los cambios tecnológicos efectuados en la planta, los escenarios diferentes en que ocurrieron y el papel que jugaron en el desempeño económico global de la firma y otra, al estudio del cambio tecnológico por etapas históricas.

1. El desempeño económico de la firma.

En esta sección se presenta una visión global del desarrollo de la empresa a largo plazo, con base en indicadores de tamaño y productividad, y se explora el rol de la tecnología en tal desarrollo.

Las cifras referentes al tamaño de la empresa indican tendencias crecientes, pero a su ritmo se reduce en los setentas. Consultando los datos sobre el empleo, se aprecian tres momentos de expansiones importantes en los períodos 1957-1964, 1969-1970 y 1979-1980. En tales momentos, el empleo se incrementó primero en 35%, luego en 40% y finalmente en 10%. (Véase el cuadro 11).

Además, el Director de la firma nos informó que la ocupación aumentó en 10% durante el primer semestre de 1982 y que se han estado haciendo obras de ampliación en varios departamentos de la planta, incorporando maquinaria automatizada, lo cual arrojará un aumento en la capacidad instalada superior al 30%.

Estas tendencias parecen responder a cambios en la demanda y en la competencia a las que se enfrenta la empresa estudiada.

La primer ampliación fué estimulada por crecientes cargas de trabajo debidas a una demanda en constante aumento (de 1950 a 1964) y a un control de importaciones que fué particularmente riguroso entre 1960 y1964. Esta protección favoreció evidentemente a la empresa estudiada, puesto que cubrió un mercado cautivo con la competencia solo de otra empresa más.

La segunda expansión de 1969 a 1970, se debió principalmente a incrementos en las exportaciones de la firma, las cuales parecieron haber alcanzado su mayor nivel en 1970, cuando se vendió una planta llave en mano a Costa Rica. Los aumentos de la exportación superaron una contracción de la demanda interna que se venía observando después de 1964, de tal manera que crearon mayores cargas de trabajo en la planta y ella tuvo que ampliarse. Las condiciones competitivas en el mercado interno permanecieron virtualmente iguales que en 1964.

Cuadro 11. Personal ocupado en la empresa, 1957-1980
(números índice, 1957=100)

Año	Personal ocupado	Indirecto/total a/
1957	100	0.158
1958	88	0.150
1959	88	0.150
1960	116	0.213
1961	147	0.143
1962	135	0.241
1963	135	0.241
1964	141	0.250
1965	141	0.250
1966	141	0.250
1967	141	0.250
1968	141	0.250
1969	141	0.250
1970	204	0.235
1971	204	0.235
1972	204	0.235
1973	204	0.235
1974	208	0.261
1975	205	0.187
1976	195	0.249
1977	197	0.253
1978	200	0.256
1979	215	0.257
1980	236	0.247
1981	237	0.247

a/ La relación de personal indirecto/personal total se calculó con cifras absolutas y no se usaron números índice.

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de Transformación (1961 a 1975) y la empresa (1976-1981)

En los setentas, las exportaciones tendieron a la baja, pero el mercado interno tuvo una recuperación a fines del decenio lo cual provocó la tercera expansión referida, aunque en menor proporción que la anterior. Para ese tiempo la competencia que afrontaba la firma pareció haber aumentado, porque el control de las importaciones fué perdiendo rigor tal y como se mencionó en el capítulo anterior. Igualmente, la competencia en el extranjero era mayor que antes, sobre todo en el mercado estadounidense. Ello explica la caída en las exportaciones de la empresa, y de manera indirecta repercutió en reducir el incremento en el volúmen de trabajo, por lo cual tal aumento fué menor al anterior.

La cuarta y reciente ampliación presenta una naturaleza diferente a las anteriores. Si bien la firma obtuvo mayores órdenes de producción durante 1981 y 1982 (lo cual generó la necesidad de hacer otra expansión), en tales años las presiones competitivas siguieron creciendo. Por lo tanto, en esos años, la firma decidió ampliar la planta pero ahora introduciendo maquinaria automática en varios departamentos de la planta y ello constituyó un cambio importante en su actitud, ya que anteriormente se resistía a la automatización (debido a que no produce en serie). La empresa tomó tal decisión para poder estar en condiciones de ofrecer precios más competitivos en un clima de mercado cada vez más difícil. Con la nueva ampliación, y con las mayores cargas de trabajo, fué posible automatizar algunos tramos del proceso. Mediante ello la empresa espera aumentar su productividad y reducir costos unitarios. Por lo tanto, el aumento en el grado de competencia en los mercados, junto con la creación de mayores cargas de trabajo, estimularon un cambio en el tamaño de la empresa y la adopción de una tecnología más automatizada.

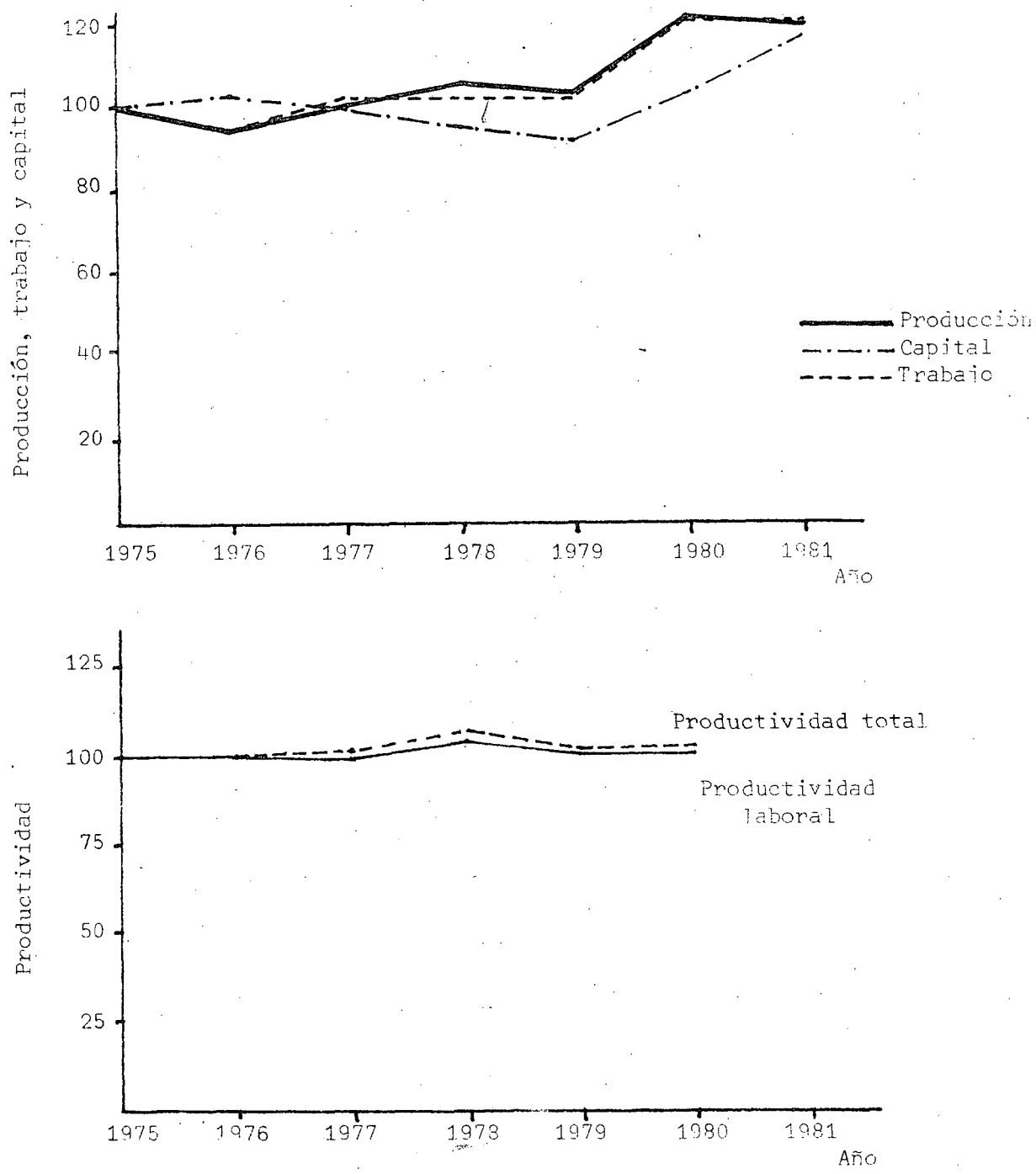
Cabe comparar los efectos de la diferente competencia en 1957-1964 y en 1980-1982. En el primer período, con un control estricto de importaciones, se generaron volúmenes de producción crecientes y una ampliación grande de la empresa. En el segundo período, con un control flexible de las importaciones, se condujo a la empresa a buscar una mayor productividad por la vía de la automatización.

Con respecto a la productividad de la planta y la laboral, solo pudimos armar una serie corta, de 1975 a 1980, por limitaciones de información. El gráfico 1 y el cuadro A-4 del apéndice muestran que la productividad virtualmente ha estado constante durante tal período. Esto es el resultado de una ausencia de cambios notables en el proceso productivo, la calificación y organización del trabajo, y la escala de producción, durante el período de referencia. Pero dado que en 1981 y 1982 se incorporaron mayores niveles de automatización en varios talleres de la planta, y se incrementaron la mano de obra y la escala de producción, se espera que la productividad aumente a mediano plazo.

El nivel de productividad de la empresa estudiada no se puede comparar con el de la competidora porque tanto su grado de integración como su mix de productos son diferentes.

De lo mencionado en los párrafos anteriores se desprende que el rol del mercado fué importante en el crecimiento de la empresa. La tecnología —particularmente la de proceso— desempeño un papel relativamente secundario e indirecto en las expansiones de la planta y se asoció más a la productividad.

Gráfico 1. Indicadores de producción, factores productivos y productividad de la firma, 1975-1981.



Fuente: Cuadros A-1, A-2, A-3 y A-4 del apéndice.

2. Etapas históricas y cambio tecnológico.

En el capítulo II explicamos el origen de la firma, como taller de maquinado de piezas sueltas para máquinas de molino y reconstrucción de este tipo de maquinaria. También dimos una revisión breve de los principales cambios que se operaron en la empresa, desde su fundación hasta la fecha actual. De acuerdo a tales rasgos históricos, la trayectoria de la empresa pude dividirse en tres etapas: la primera, cuando era un taller, de 1941 a 1950; la segunda, cuando se fué transformando de taller a planta industrial, de 1951 a 1960; y la última, cuando adquirió el carácter de planta industrial, de 1961 en adelante. En la presente sección interesa examinar particularmente qué cambios ocurrieron en la tecnología de producto y en la de proceso, a lo largo de cada etapa, y explicar a qué se han debido.

2.1. Etapa pre-fabril, de taller (1941-1950)

En la primera mitad de este decenio, las importaciones de máquinas para molino y refacciones estaban virtualmente suspendidas; particularmente, las provenientes de Inglaterra, Estados Unidos, Alemania e Italia. Buhler, de Suiza, tenía una oficina de representación en México, pero su capacidad de oferta de refacciones y servicios técnicos era baja. En estas condiciones, el taller, apoyado en la experiencia técnica del dueño, fué cubriendo las necesidades locales de reconstrucción de equipos y solución de problemas técnicos de molinos. Al principio, el taller tenía rasgos artesanales e informales. En el dueño se concentraban una serie de funciones técnico-administrativas y el financiamiento era informal. 1/ En este contexto, un proceso de aprendizaje técnico se inició, teniendo como punto de partida la capacidad acumulada del fundador del taller.

El taller creció apreciablemtente de 1941 a 1950; su personal aumentó de menos de 10 a 50 trabajadores en ese lapso. En los últimos años del decenio, empezó a importar máquinas de España para poder ofrecer la instalación de plantas completas de harina, incluyendo esos equipos importados y máquinas de manufactura local. Así, el taller pasó de fabricar y ofrecer máquinas individuales, a tener un rol de control de paquetes tecnológicos para ofrecer plantas completas, actuando en parte como fabricante y en parte como intermediario de equipo.

a. Tecnología de producto.

De 1941 a 1945, aproximadamente, el taller fué acumulando conocimientos sobre mecanismos de máquinas específicas, sus complejidades y sus funciones concretas, a través de su reconstrucción. No sólo se trataba de reparar la máquina, sino de desarmarla, maquinar piezas rotas o faltantes, limpiarla o engrasarla,

---

1/ El taller se financiaba con adelantos de pago de los clientes y recursos propios para la compra de material y el pago de salarios. Es decir, no existía una vinculación con el mercado formal de crédito (banca pública o privada). Véase S. Watanabe, Technological linkages between formal and informal sectors of manufacturing industries, ILO WEP 2-22/WP 34 Ginebra, 1978.

probarla, volverla a instalar y ponerla a funcionar. Este aprendizaje por la experiencia ("learning-by-doing") también comprendía el torneado, taladrado, cepillado, etc., de partes componentes. Es decir, comprendía tanto tecnología de producto, como del proceso de maquinado. Este proceso fué posible, debido a la falta de oferta de tecnología externa, y a la calificación del dueño del taller.

Una segunda fase de aprendizaje se inició a mediados de la década de los cuarentas, cuando el taller comenzó a importar de España, desde la fábrica de máquinas del padre del dueño, diversos tipos de maquinaria con el fin de reproducir esas versiones localmente. Dado que su demanda había crecido anualmente, el taller decidió comenzar a fabricar máquinas copiando la concepción de los diseños de su familia que producía este tipo de maquinaria en Europa. El costo de llevar a cabo su actividad fabril pudo reducirse de manera importante, debido al subsidio que representó el Decreto del 30 de diciembre de 1939 sobre la "Ley de Fomento de Industrias de Transformación", al que se adhirió el taller. Este decreto establece libertad de importación y excención de impuestos por 5 años en la importación de maquinaria y equipo para fabricación, muestras de fabricación y materias primas. 2/ Tanto este estímulo fiscal, como la creciente demanda fueron incentivos importantes para que la firma iniciara este proceso de copia.

La maquinaria importada para tales fines fué la siguiente: separadora monitor de trigo (sólo los herrajes), deschinadora (herrajes), trearbejón (herrajes), lavadora secadora de trigo, satinadora de trigo (herrajes), aparato magnético, banco o molino de cilindros, plansifter o cernidor plano (herrajes), sasor o purificador de sémolas (herrajes), empacadora automática y una amasadora mecánica. Estas máquinas forman la parte escencial de un molino de trigo. En este tipo de máquinas se especializó la empresa durante dos décadas (1940-1969). El taller no reprodujo todas estas máquinas de inmediato. Por ejemplo, el banco de cilindros fué producido en 1968. Suponemos que la copia de algunas máquinas se llevó 10 años, en parte por razones de demanda y en parte por la complejidad técnica de dichas máquinas.

b. Tecnología de proceso.

El propio dueño del taller se encargó de capacitar a los obreros. El origen de la tecnología metalmecánica de proceso estuvo, en este sentido, en el fundador. Desde este punto de partida, hubieron algunos cambios. Los procesos de aprendizaje mencionados en los párrafos anteriores, implicaron una acumulación de habilidades metalmecánicas para producir piezas y partes componentes, y ensamblar-

---

2/ En este periódo, el taller también importó materia prima: rodamientos a balas y rodillos, cilindros de fundición dura, seda para cedazos en tejido, aceros especiales y piezas que requieren tratamiento y aleaciones especiales (aceros, niquel, widea, etc.), láminas de acero perforadas y alveoladas, tejido de acero estañado, acero recocido de bronce y piezas de acero aumentado y rectificado. También importó máquinas herramienta universales, tales como una fresadora universal, una máquina combinada para rectificar y corrugar cilindros, un soporte de esmeriles para aceros y piedras de esmeril, una laminadora de tres ciclos para voltear lámina de uno o dos metros y una cizalla para láminas de uno a dos metros.

las. Pero además de ello, se registró un cambio importante en el proceso en los primeros años del taller, independientemente del progreso técnico que se haya logrado mediante la reconstrucción y luego copia de máquinas. De 1941 a 1943 el taller se abastecía de barras y láminas hechas por talleres locales de fundición. Sin embargo, la materia prima utilizada por ellos usualmente era chatarra (no lingote), los parámetros solicitados de dureza, aleación, etc. no se cumplían y los índices de material rechazado por el taller estudiado eran altos. Además, los plazos de entrega eran informales. Por ello, el taller decidió, en 1943, fundir el mismo. El taller fabricó dos hornos de cubilote, bajo las órdenes del dueño. El ya conocía de fundición (así como de otros procesos metalmecánicos), porque antes de la Guerra Civil Española había dirigido por varios años una fábrica de maquinaria para molinos de su familia en España. De tal manera, el proceso del taller se integró más verticalmente. Posteriormente se amplió su capacidad de maquinado, importándose varias máquinas-herramienta (véase la nota de pié 2).

De acuerdo a lo expuesto hasta aquí, el taller comenzó absorbiendo y adaptando tecnología de producto y tecnología de proceso simultáneamente. La actividad desarrollada en el área del producto fué estimulada por la demanda y por incentivos fiscales; en tanto que los trabajos relativos al área del proceso fueron por un lado consecuencia indirecta de estos estímulos y, por otro, provocados por razones de oferta (insuficiencia e ineficiencia de productos de la fundición local, así como desafíos planteados por el propio taller para sí mismo).

2.2 Etapa de transición de taller a planta industrial (1951-1960).

En 1951, se inició un proceso de transformación tanto en el carácter formal de la firma, con respecto a su vinculación con el mercado financiero y su tamaño, como en lo referente a su proyección al mercado exterior y a su asimilación y generación de tecnología.

En ese año, la compañía se instituyó legalmente como empresa, dedicada al comercio e instalación de máquinas y plantas de molino, con un capital social de $500 000. También comenzó a fabricar refacciones para stock (ya no para pedido, como antes). Cinco años después, la empresa agregó legalmente a sus objetivos la función de fabricar piezas y máquinas, actividad que ya venía desempeñando años atras, pero que de acuerdo a la reglamentación del Registro Público de la Propiedad debía quedar asentada explícitamente. Estos trámites legales, sobre el tipo de empresa y el monto de su capital social, hacían posible el acceso de la misma al mercado financiero. En efecto, después de haber aumentado su capital social a tres millones de pesos, en 1954, la firma obtuvo su primer crédito bancario en 1957. El crédito fué por un millón de pesos y se destinó a la compra de material y al mantenimiento de la maquinaria en uso.

De 1950 a 1960, la firma creció apreciablemente. Su personal ocupado aumentó de 50 a 200 personas. La expansión de la empresa se debió a una ola de inversiones en nuevas plantas harineras, que tuvieron lugar a fines de la década de los cuarentas a mediados de los cincuentas, tal y como fué explicado en el capítulo III.

En la primera mitad de este decenio y a fines del anterior varios molinos se instalaron, y otros se ampliaron, importando máquinas de Suiza, Estados Unidos, Alemania, España, Inglaterra e Italia. Las expansiones en la capacidad instalada de los molinos locales dieron lugar a tales importaciones y a la expansión de la empresa estudiada, la cual era la única fabricante local. En 1956, el Estado decidió proteger la producción de la empresa estudiada, mediante aranceles y permisos de importación.

En este clima de expansión y protección del mercado interno de maquinaria para molinos, la firma fué transformándose en varios aspectos, como ya lo mencionamos y, particularmente en el tecnológico.

a. Cambios en la tecnología de producto.

Después de haber iniciado un proceso de absorción de tecnología de producto vía la reconstrucción de máquinas usadas y la copia de máquinas nuevas, el personal técnico de la empresa comenzó a generar versiones propias de diseños. Dos de estos nuevos diseños fueron patentados, en 1956 el primero, y en 1960 el segundo. El primero se refiere a un sistema propulsor y centralizador de carrera de zarandas para máquinas cernedoras y purificadoras. El nuevo mecanismo consta de excéntricas recíprocas flotantes mediante miembros flexibles y aporta la eliminación de trepidaciones en la marcha, al ser absorbidas por los miembos flexibles, y la regulación de la carrera de zarandas. Esto permite que el purificador desempeñe su función con mayor uniformidad. El segundo diseño patentado se refiere a un cernedor clasificador que tiene un mecanismo de control de tamices (entre 56 y 144 tamices) con el cual se regula el recorrido del producto molido y lo cierne, clasificándo por un lado las partículas más pesadas (más limpias) y, por otro lado, las más ligeras (más sucias). Este cernedor produce harinas y sémolas muy limpias. Los cernedores funcionan con sistemas neumáticos.

De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, la firma había alcanzado una capacidad de introducir mejoras en las máquinas de molinos que había estado reconstruyendo y reproduciendo de acuerdo a diseños ajenos. Esto permite suponer que también había logrado desarrollar una capacidad de determinación propia de diseños similares o iguales a otros. Por lo tanto, el cambio en la tecnología de producto se puede resumir en que la empresa logró tener su propio criterio y capacidad de diseño para producir equipo de molienda. En estas condiciones, la firma fabricaba el equipo sin mediar pago alguno por el uso de liecencias, marcas, patentes ni asistencia técnica. Las actividades de investigación sobre el proceso de molienda, incluyendo las funciones de cada máquina y equipo en el mismo. y las de diseño, eran desempeñadas por un reducido grupo (unas cinco personas). Este contaba con la dirección y especial atención del fundador de la empresa.

b. Cambio en la tecnología de proceso.

El tamaño de la planta fué creciendo en la década de los cincuentas. Sólo disponemos del dato referente al aumento del personal ocupado. De 1951 a 1960 la ocupación pasó de 50 a 220 personas (174 obreros). Esto nos dá idea de la magnitud del crecimiento de la planta. La producción cada vez mayor correspon-

día de un lado a máquinas con diseños diferenciados y, de otro, a piezas más homogéneas. La demanda de partes sueltas y refacciones había alcanzado, a principios del decenio, un tamaño y una regularidad periódica tales que alentaron a la empresa a introducir un cambio en su tipo de producción, consistente en fabricar algunas piezas para stock. Esto significó un crecimiento en los lotes de fundición y maquinado. La firma decidió producir tales volúmenes mayores con la incorporación de más obreros y más máquinas universales.

La planta amplió su capacidad instalada paulatinamente (en particular, la mayor inversión ocurrió en 1957), pero el proceso siguió siendo discontinuo y poco automatizado (utilizando máquinas universales) como antes. Los conocimientos sobre fundición, maquinado, ensamble y acabado eran transmitidos de los jefes de taller y sub-jefes (llamados "capataces"), a los obreros que se iban incorporando a la planta como aprendices.

El crecimiento de la planta también ameritó cambios en la organización. Varias funciones antes centralizadas en el fundador de la empresa, se designaron a jefes de departamentos y de talleres. La capacitación de obreros también cambió de responsable, del empresario a los jefes de talleres y sub-jefes.

2.3 Etapa fabril (de 1961 en adelante).

En 1961 se inicia la etapa industrial de la planta estudiada. En ese tiempo, la empresa se instaló en un local más amplio y adoptó un "lay-out" nuevo. La firma había tenido varias ampliaciones en la década anterior, y fué adquiriendo terrenos aledaños al local que ocupaba. Pero las extensiones fueron desordenadas, desde el punto de vista de la ingeniería industrial, y, en última instancia, a fines de los cincuentas, las mismas resultaron insuficientes para los requerimientos de mayores volúmenes de producción. En 1959 la empresa obtuvo dos créditos bancarios para financiar su expansión y traslado de local.

El ambiente competitivo en 1961 estaba caracterizado por un mercado protegido de la competencia exterior y un duopolio local, tal y como se estableció en capítulo III. En este año, la empresa competidora de capital suizo inició sus actividades de fabricación local. La demanda nacional de maquinaria para molino era estable. De 1959 a 1961 se habían demandado máquinas para la instalación de por lo menos dos molinos al año y para unas dos ampliaciones anuales minimamente.

A principios del decenio de los sesentas, la empresa había alcanzado un tamaño grande; ocupaba 200 personas, aproximadamente. Contaba con 20 años de experiencia acumulada sobre la manufactura de máquinas para molino. Estas características de la firma, y el contexto del mercado interno, propiciaron que ella emprendiera una actividad tecnológica más intensa, sobre todo en el área del producto.

a. Cambios en la tecnología de producto.

En la etapa de transición de taller a planta la empresa había pasado de copiar diseños a crear versiones propias y diferentes. Durante el decenio de los sesen-

tas la generación de diseños prosiguió y se registraron dos patentes; una, en 1964, referida a un bastidor de entelado rápido, y otra, en 1965, concerniente a un purificador de sémolas. La primera de estas innovaciones se refiere a un sistema de bastidores en aluminio que permite un cambio rápido de telas y una tensión alta sin necesidad de clavarlas, como era tradicional hacerlo. La segunda innovación ya no se refiere a un sistema de una máquina, sino a una nueva máquina. La máquina purificadora patentada estaba dotada de alimentación automática de sensibilidad regulable mediante barras diferenciales y garantizaba mayor uniformidad y mayor estratificación del producto, que otras. También era más fácil de operar y limpiar que otras, y era resistente y de poco peso porque estaba construida de acero y aluminio. Las patentes de la firma se referían, hasta este tiempo, a equipos de las fases periféricas de la molienda (cernido y limpieza), no al molido propiamente dicho. La innovación de 1964 se patentó en México y otro país (suponemos que era Estados Unidos, porque era a donde exportaba), en tanto que la de 1965 se patentó en México y otros tres países.

Después de 1964, la demanda nacional de maquinaria para molinos se redujo a niveles muy bajos, y estos se mantuvieron hasta 1970. Este comportamiento se observó tanto en los proyectos de instalación de nuevos molinos como en los de ampliación. Para estas fechas, la empresa estudiada ocupaba más de 250 personas y había obtenido dos préstamos bancarios (uno por un millón de pesos en 1961 y otro por tres millones de pesos en 1965). Su respuesta a la crisis del mercado interno consistió en buscar nuevos mercados en el exterior y ampliar su mix. A fines del decenio de los sesentas, la firma empezó a ofrecer maquinaria para molinos de maíz, arroz y alimentos balanceados, así como equipos neumáticos para el transporte de polvos y gránulos en fábricas químicas, cementeras, de azúcar, etc. Posteriormente amplió aún más la gama de productos, ofreciendo bombas neumáticas, válvulas, elevadores de personal, etc. Con relación a los productos incorporados en su mezcla de producción, la empresa dedicó también atención a la búsqueda de mejoras.

En 1970, la empresa negoció un contrato de adquisición de tecnología acerca de un sistema separador de polvo tornádico. Una firma holandesa era la oferente. Pero como en las negociaciones la empresa adquiriente entendió los conocimientos claves. la operación no se realizó. La tecnología fué copiada por ella. Una historia similar ocurrió con otro intento de adquisición de tecnología extranjera, en 1973. En este caso se trataba de la ingeniería básica y asistencia técnica para la construcción de plantas elaboradoras de un sustituto de leche para becerros. El contrato no se concretó, porque el Registro Nacional de Transferencia de Tecnología negó su aprobación, debido a que consideró elevado el porcentaje de regalías (10% sobre los ingresos derivados del proyecto de la planta). Pero nuevamente, la empresa tuvo oportunidad de asimilar y copiar el proceso durante las negociaciones sin pagar regalías.

Hubo un período, de 1966 a 1972, en que no se produjo ninguna patente. Fué hasta 1973 cuando la firma reinició su registro de patentes. En dicho año, se patentaron cuatro innovaciones; dos se referían a máquinas para el beneficio de arroz, una se asociaba a equipos neumáticos y la otra a máquinas clasificadoras de granos en general (para 2 clasificaciones). Una de estas patentes (la de equipo neumático) fué registrada en nueve países. Este dato nos indica que la firma fué ampliando el número de países destinatarios de sus exportaciones.

Las patentes relativas a máquinas beneficiadoras de arroz fueron concretamente un nuevo diseño de una descascaradora y otro de una blanqueadora. La primera permitía evitar roturas del arroz y aumentar la capacidad de descascarado (en un 45%), incorporando rodillos revestidos de plástico, en vez de caucho sintético. La duración de los nuevos rodillos era 65% mayor que los ordinarios. La descascaradora patentada era robusta y no provocaba vibraciones ni ruidos. Su cuerpo se formaba por una caja y una base de fundición, y no tenía engranes. Tenía un prealimentador con válvula tipo abanico y tolva de plástico transparente que permitiá regular la carga del grano. El sistema alimentador estaba formado por un rodillo rotativo con estrías de tipo piña, que vertía el grano sin dañarlo y lo distribuía uniformemente a lo largo de los rodillos en forma de cortina, mediante un dispositivo rápido de regulación y distribución. Los rodillos tenían velocidad diferencial. El mecanismo de apriete de los rodillos era mediante un volante con tornillo micrométrico y disponía de un sistema amortiguador de seguridad de presión regulable, que separaba los cilindros cuando pasaba un objeto extraño de mayor tamaño que el grano, evitando el deterioro de los rodillos.

La blanqueadora de arroz patentada trata de unir eficiencia y regulación precisa, así como facilidad y economía de montaje. Su diseño es compacto (1.365 m^3), Incluye en su interior un motor de 15 caballos de fuerza que acciona la máquina y un ventilador que facilita la salida de la harina. También dispone de un rotor con cuchillas de separación graduable que permite regular la intensidad del blanqueo. Las cuchillas voltean y friccionan los granos de arroz, uniformizando el pulido o blanqueo y reduciendo el porcentaje de granos rotos.

La patente relativa al equipo de transporte neumático se refiere concretamente a un sistema de válvulas automáticas que evitan obstrucciones en las tuberías utilizadas en este tipo de transporte. Funcionan por diferencia de presión. Se abren y cierran paulatina y automáticamente cuando aumenta la carga o disminuye la presión interior, evacuando el exceso de producto que no se puede transportar. Cuando la carga o la presión interior se normalizan, las válvulas se cierran automáticamente.

El diseño de la máquina clasificadora de granos trata de aumentar capacidad, eficiencia y exactitud de su regulación. Tiene cilindros alveolados, de acero, en donde se introducen las semillas o granos a separar y al girar, estos caen en un canal que los conduce a la salida, separando los granos que no entraron en los alveolos por su mayor longitud. El clasificador se puede utilizar en molinos harineros, molinos arroceros, en la clasificación de granos en cervecerías y en los campos agrícolas.

Dos años después de que se produjeron estas patentes, en 1975, se registró otra, referente a una cribadora clasificadora limpiadora modular universal. En 1978 se mejoró (y se patentó) el seleccionador alveolado clasificador, aumentando su capacidad de dos a tres clasificaciones. En 1979 se registraron las tres últimas patentes de las que tenemos referencia. Dos de estas cubren 15 países y se refieren a máquinas beneficiadoras de arroz. La otra patente protege un diseño sobre un clasificador de granos y semillas. Una de las patentes del área del arroz mejoraba la de la descascaradora de 1973, y la otra se refería a un nuevo molino de arroz neumático compacto, el primer molino patentado por la firma.

Según lo que hemos dicho en los párrafos anteriores, la década de los sesentas fué poco intensa en generación de patentes y estuvo enmarcada en su segunda mitad por una crisis de demanda interna de maquinaria para molinos de trigo, lo cual provocó que la firma decidiera ampliar su mix. En la década de los setentas la empresa produjo el mayor número de patentes, relativas a mejoras cada vez más complejas, sobre los "nuevos" productos de su mezcla ampliada. Este esfuerzo en el área de tecnología de producto se atribuye en gran medida a la lucha de la empresa por superar la falta de demanda interna con respecto a su producto tradicional, la maquinaria para molinos de trigo.

b. Cambios en la tecnología de proceso.

El cambio tecnológico en el área de proceso ha tenido tres rasgos distintivos durante la época "industrial" de la firma: un cambio total de "lay-out", una política más formal del desarrollo de "skills" y la reciente incorporación de máquinas automáticas.

Los volúmenes de producción crecientes en la década de los cincuentas estimularon en 1961 una ampliación de la planta y la adopción de un "lay-out" compuesto por talleres amplios y oficinas de ingeniería y administrativas. Con esto, se logró una mayor fluidez entre los talleres de la planta, aunque el proceso seguía siendo discontínuo y continuó ocupando máquinas tradicionales. El recorrido de materiales, la distribución de órdenes de trabajo —que incluyen dibujos e instrucciones de operaciones y tolerancias— y la lista de tiempos standar se modificaron con la nueva organización fabril. Esta se conservó básicamente igual hasta 1981. 3/

Desde su fundación (1941), la firma ha capacitado a sus obreros mecánicos. Ha requerido la mayor destreza de los obreros para efectos de construir máquinas de primera calidad, en cuanto al maquinado, ensamble y acabado. La calidad del producto ha sido elemento competitivo importante de la empresa. En el transcurso del tiempo, la enseñanza técnica cubrió cada vez más aprendices y más temas, hasta que la empresa consideró necesario formalizarla creando en 1966 una escuela técnica en la propia planta, con el reconocimiento de sus estudios de la Secretaría de Educación Pública. La escuela técnica se dedicó a formar mecánicos con bases teóricas y con entrenamiento práctico en una sección de máquinas-herramienta que se dispuso en la planta para ello. Hoy la escuela sigue funcionando y la duración de sus cursos es de dos años. Cuatro ingenieros imparten ocho materias que se refieren básicamente a matemáticas, principios de ingeniería mecánica y técnicas de maquinado, ajuste y armado. Los cursos tienen una duración de cuatro horas a la semana (una hora después del turno de trabajo en cuatro días). Durante el día los aprendices practican el manejo y el mantenimiento de máquinas-herramienta y otra maquinaria. Los alumnos aprobados pasan de aprendices a "oficiales". En esta categoría hay varios niveles, según la destreza y la antigüedad del obrero.

3/ Véase en el capítulo II una descripción del lay-out.

Para la empresa, un buen mecánico es aquél que puede desempeñar bien varios oficios, de maquinado (tornero, fresador, etc.), de ajuste y armado (incluyendo soldadura), de tal manera que pueda ser ocupado en cualquier departamento de la fabricación de máquinas. La empresa entiende que cuanto menos automatizada es una fábrica y más heterogénea es su producción, más conocimientos requieren tener los obreros. Esta condición tiene la planta y por ello necesita mecánicos versátiles y hábiles.

La capacitación que da la empresa pone un gran énfasis en el maquinado, el ajuste y el armado, más que en fundición, pintura y carpintería. Para cada una de las últimas áreas, la empresa sólo ha dispuesto un instructor para los obreros ocupados en ellas y el adiestramiento es sencillo. Casi todos los obreros de la planta han sido capacitados por la propia empresa. Ha tenido una fuga de un 30% del personal que se compone en su mayoría por aprendices que no terminan sus cursos pero logran dominar un oficio.

Por otro lado, en los últimos años, la empresa adquirió maquinaria automática. Ya existía el antecedente en la planta de la incorporación de tres máquinas semiautomáticas, como lo son dos taladros radiales (uno comprado a mediados de los sesentas, y el otro en 1974) y una conformadora de espirales. Pero a fines de los setentas el ambiente del mercado se tradujo cada vez más competitivo, tal y como se explicó en el capítulo anterior, a la vez que las cargas de trabajo fueron en aumento. Esto generó un cambio en la conducta de la empresa. Después de que en los años setentas produjo la mayor cantidad de diseños y patentes de su historia, en los ochentas está decidida a mejorar su proceso para elevar su productividad y abatir costos unitarios. Con tal propósito decidió ampliar su planta e introducir máquinas de control numérico y programables. En 1979 compró una perforadora y cortadora de lámina y placa que dispone de una minicomputadora (CNC) con capacidad para unos 250 programas o más. En 1981 adquirió un torno copiador de control numérico (CN) y un torno paralelo CN. En 1982 compró otros dos tornos copiadores CN. Esto suma una máquina CNC y cuatro CN.

A fines de 1979 se instaló la máquina CNC; en 1980 se probó, además que tanto un técnico mecánico como un programador fueron entrenados, 4/ y en 1981 comenzó a utilizarse con fines productivos. En un año y medio se han elaborado 200 programas diferentes para la producción de la planta. Esto refleja la diversidad de piezas producidas y la necesidad de ocupar máquinas CNC flexibles. 5/ Esta máquina permitirá a la larga ahorros de tiempo, trabajo, y costos.

Con respecto a los tornos CN, corresponden a una área de gran carga de trabajo y que ha venido aumentando constantemente. La empresa primero compró un sólo torno copiador CN para probarlo. Como los resultados fueron satisfactorios, decidió adquirir un torno paralelo CN y otros dos copiadores. Estas máquinas permitirán a la firma ahorros en trabajo y costos.

4/ Por cierto, la propia empresa lo entrenó, a partir de un curso previo que tomó un ingeniero mecánico, sobrino del Director de la empresa.

5/ Las máquinas automáticas con capacidad de pocos programas y de gran velocidad, son adecuados para una producción en serie, de grandes volúmenes, pero no son provechosas para la planta estudiada.

Además de la maquinaria mencionada, se han adquirido otras desde 1981. La fundición se mecanizó, al instalarse una moldeadora moderna y un máquina automática que limpia las piezas de fundición. El equipo de pintura también se mejoró mediante la adquisición de aparatos que usan menos pintura y son más rápidos que los tradicionales. En soldadura se acaba de instalar un equipo nuevo para soldadura de gran profundidad. En el maquinado, además de las máquinas CN y CNC, se incorporaron un taladro múltiple de 12 borcas, de Brasil, un torno vertical de China, una troqueladora española y otras máquinas, como un cepillo, una prensa y un torno para hacer roscas.

Finalmente, la empresa esta considerando la posibilidad de desprenderse de la producción de partes que pueda subcontratar. Es decir, está estudiando reducir su integración vertical. Esta posible medida buscaría una mayor reducción de costos para estar en posición de ofrecer precios más competitivos en los mercados interno y externo.

El cambio tecnológico de esta etapa se puede resumir en que después de cambiar la mezcla de productos en los sesentas (como respuesta a una crisis de demanda) y desarrollar el mayor esfuerzo de innovaciones de producto durante los setentas (estimulado por la competencia oligipólica a base de la diferenciación de productos), la firma concedió la mayor atención a la tecnología de proceso en los ochentas, automatizando algunas secciones de la planta, y esta conducta se debió principalmente a crecientes presiones de la competencia, particularmente con relación a los precios en el mercado externo. El rol del mercado y una gradual disminución de rigor en el control de las importaciones han sido determinantes en los cambios del comportamiento tecnológico de la firma estudiada. Es esta etapa, por lo tanto, se observó un proceso secuencial de creación de tecnología de producto, y después, cambios en la tecnología de proceso.

APENDICE

SOBRE LA MEDICION DE LA PRODUCCION FISICA, EL CAPITAL, EL TRABAJO Y LA PRODUCTIVIDAD

1. La producción física en planta.

En la medición de la producción afrontamos tres dificultades que debemos mencionar. Primera, el mix de productos es amplio, no es homogéneo ni regular en el tiempo. La empresa ha llegado a producir 100 máquinas diferentes. La producción anual varía mucho de un año a otro y los diseños son generalmente diversificados, con poco grado de standarización y se hacen a pedido individual. Además, el "producto" puede ser una máquina suelta, o refacciones, o una planta completa, o una serie de máquinas que amplían una planta existente, o servicios de reparación, modernización o reconstrucción de máquinas, o asesoría técnica diversa para los usuarios. Estas características del mix complican la comparación de la producción de un año con la de otro. Segunda, faltó información estadística anual de producción física en toneladas o en unidades; sólo pudimos obtener cifras en valor monetario, de 1975 a 1981. Este hecho nos imposibilita un análisis estadístico de atributos de los diversos productos, tendiente a seleccionar la cualidad más significativa para medir la producción física.

No obstante lo anterior, pudimos estimar el indicador convencional de la producción física en planta; es decir, el valor agregado de la firma a precios constantes. A los ingresos por ventas, se restaron las compras de materias primas y otros insumos. Estas cifras fueron deflactadas por el índice de precios del valor agregado bruto de maquinaria para madera y metales y para alimentos y bebidas de la Dirección General de Estadística. 1/ El cambio en estas cifras deflactadas nos dá una estimación del cambio del valor agregado real de la empresa. En el cuadro A-1 aparecen los índices de estas cifras, de 1975 a 1981.

Cuadro A-1 . Valor agregado a precios constantes, 1975-1981.

Año	Valor agregado
1975	100
1976	95
1977	100
1978	106
1979	103
1980	121
1981	119

Fuente: Elaborado a partir de datos proporcionados por la empresa y estadísticas de la Dirección General de Estadística.

1/ La serie tenía como último año 1980. Para el año 1981, agregamos al índice anterior el incremento porcentual del índice de precios al mayoreo en la ciudad de México de artículos de producción, ocurrido de 1980 a 1981, publicado por el Banco de México, S.A., Indicadores económicos, número 111, México, D.F., febrero de 1982. Los índices de la D.G.E. nos fueron proporcionados directamente por ella misma, en hojas mecanografiadas.

2. Capital.

Para elaborar la serie anual de stock de capital, sólo obtuvimos datos de máquinas, equipos auxiliares, mobiliario e instalaciones eléctricas. No dispusimos de información referente a edificio ni terreno. La empresa ha ocupado el local actual desde 1961; es posible que haya invertido en mantener y modificar parcialmente el edificio en los 20 años que lleva de uso. Esperamos que los cambios en el mantenimiento o la depreciación del edificio no hayan tenido una influencia importante en el stock total de capital de 1974 a 1980, que son los años para los cuales se hicieron los cálculos.

Los datos de la maquinaria, equipo, mobiliario e instalaciones corresponden a dos avaluos, a valor presente, que hicieron dos empresas consultoras en 1976 y 1979. La información recolectada se refiere al valor actual estimado de cada máquina, equipo, mueble o instalación de la firma, y a su depreciación. Con base en estos datos, con las fechas de incorporación de los bienes de capital más costosos, y con el dato referente a la inversión efectuada en 1980, elaboramos una serie anual de 1974 a 1980 del stock de capital a precios corrientes, utilizando la fórmula siguiente:

$$K_t = K_{t-1}\,(1-k) + I_t\ ,$$

donde K_t, K_{t-1} son stocks de capital en los períodos t y $t-1$. I_t es la inversión del período t, en tanto que k es la tasa de depreciación. Esta se fijó en un 3.6% anual. 2/ Esta serie anual fué deflactada por el índice nacional de precios de insumos de la industria de maquinaria y equipo del Banco de México. 3/ El cuadro A-2 nos presenta, con números índice, esta serie a precios constantes.

Cuadro A-2. Stock de capital a precios constantes, 1974-1980. (1974=100)

Año	Stock de capital
1974	100.0
1975	103.1
1976	99.4
1977	95.8
1978	92.4
1979	103.0
1980	117.2

Fuente: Elaborado a partir de datos proporcionados por la empresa.

2/ Véase la metodología de A. Castaño, J. Katz y F. Navajas, ob. cit., pp., 75-79. También D. Jorgenson, "Anticipations and Investment Behavior", en J. Duesenberry, et. al. Editors, The Brookings Quarterly Econometric Model of the United States, Rand McNally, 1965, pp., 51-57.

3/ Banco de México, Sistema Central de Información, Subdirección de Investigación Económica y Bancaria.

3. Trabajo.

Para medir el trabajo en horas laboradas cada año, logramos reunir una serie anual larga (1957-1981) de mano de obra directa, otra de igual longitud sobre mano de obra indirecta y las horas trabajadas totales y su desglose por el personal directo y el indirecto para los años de 1976 a 1981. Con base en esta infomación, determinamos las horas per capita del personal en 1976 y supusimos que tales fueron laboradas en 1975. Ambas series y su sumatoria se incluyen en el cuadro A-3 con números índice.

Cuadro A-3 Horas trabajadas al año en la empresa, 1975-1981 (números índice, 1975=100)

	Horas trabajadas		
Año (1)	Mano de obra directa (2)	Mano de obra indirecta (3)	Total (4)=(2) + (3)
1975	100	100	100
1976	88	126	95
1977	93	138	102
1978	93	139	102
1979	93	140	102
1980	111	159	120
1981	111	158	120

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la empresa.

4. Productividad.

A partir de los datos del valor agregado, stock de capital y horas trabajadas, procedimos a calcular la productividad laboral y la productividad total, aplicando la fórmula de Solow 4/ y adoptando un cuadro similar al de Castaño, Katz y Navajas. 5/ La participación del capital en el valor agregado (w_k) la calculamos para 1978 y supusimos que se mantuvo constante en el período 1976-1980, por falta de información estadística relativa al pago al personal total. El cuadro A-4 muestra el procedimiento del cálculo.

4/ La fórmula $\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta A}{A} + w_k \frac{\Delta k}{k}$ Ver R. Solow, "Technical Change and The Aggregate Production Function", Review of Economics and Statistics, vol. 39, ago. 1957.

5/ A. Castaño, J. Katz y F. Navajas. ob. cit., cuadro A-11, p. 85.