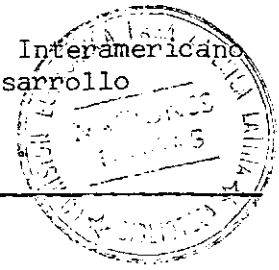


Naciones Unidas

Comisión Económica  
para América Latina

Banco Interamericano  
de Desarrollo



---

Programa BID/CEPAL  
Sobre Investigación en  
Temas de Ciencia y Tecnología  
Monografía de Trabajo N°20

ANALISIS MICROECONOMICO DE LAS  
CARACTERISTICAS DEL CAMBIO TECNOLOGICO Y  
DEL PROCESO DE INNOVACIONES.  
EL CASO DE FURFURAL  
Y DERIVADOS, S.A. MEXICO

Luis Alberto Pérez Aceves  
José de Jesús Pérez y Peniche

780504

Distr.  
Restringida  
BID/CEPAL/BA/30  
Junio, 1978  
ORIGINAL: ESPAÑOL



## INDICE

	<u>Página</u>
<b>Presentación</b>	1
<b>I. Introducción</b>	3
<b>II. Metodología</b>	6
<b>III. Descripción del proceso, generación y explotación industrial de la tecnología "FYDSA"</b>	7
1. Desarrollo del proceso, previa instalación de FYDSA	7
a) Recopilación bibliográfica	7
b) Laboratorio experimental	8
c) Planta piloto	8
2. Diseño de la planta, montaje y puesta en marcha	9
3. Desarrollo del proceso postinstalación de FYDSA	10
4. Análisis de la evolución del proceso para obtención de furfural	11
5. Análisis sobre la actividad de diseño	11
6. Análisis sobre la selección del sitio para la ubicación de la planta	14
<b>IV. Variables que forman el marco general en el que se desenvuelve la empresa</b>	16
1. Antecedentes	16
a) Qué es el furfural	16
b) Proceso de manufactura	17
2. Aspectos administrativos	19
a) Organigrama	19
b) Propiedad	19
c) Financiamiento	19
3. Mercado	22
a) Ventas de FYDSA (nacionales y exportaciones)	22
b) Demanda	25
c) Precios	26
d) Perspectivas sobre el consumo de furfural	35
e) Barreras a la entrada de nuevas empresas	37
4. Comportamiento tecnológico de la empresa	39

	<u>Página</u>
5. Instrumentos de política tecnológica	40
a) Instrumentos de fomento científico y tecnológico	40
b) Promoción industrial	42
c) Financiamiento del gasto público	43
6. Relación con el sistema científico y tecnológico del país	44
V. Cambio tecnológico	46
1. Procesos para la obtención de furfural	47
a) Descripción de los procesos para la obtención de furfural por FYDSA, Quaker Oats, Co. y por el proceso Rosenlew	47
b) Resultados comparativos entre la tecnología finlandesa y la mexicana	55
2. Origen del equipo	63
a) Digestores	63
b) Columnas de extracción	63
c) Calderas	63
d) Intercambiadores de calor	63
e) Banda transportadora de olote	63
f) Tubería y soportería	63
g) Equipo de destilación y purificación	64
3. Transferencia de tecnología	64
4. Clasificación del cambio tecnológico	66
a) Ahorro en costos	71
b) Mejora la calidad del producto	72
c) Aumenta la capacidad de producción	72
d) Aumenta la variedad de productos finales	72
e) Permite el uso de una variedad de insumos	74
5. Producción	75
6. Capacidad de producción	81

	<u>Página</u>
<b>7. Productividad</b>	<b>84</b>
a) Metodología utilizada	87
b) Productividad global en base a los "residuos no explicados"	90
c) Capacidad y productividad global	102
d) Productividad de los factores	106
e) Resumen y conclusiones de la productividad de los factores	112
f) Participación del costo de los factores en el valor de lo producido	118
g) Productividad e inversión	126
<b>8. Aprendizaje</b>	<b>132</b>
<b>9. Economía de escala</b>	<b>136</b>
<b>VI. Conclusiones</b>	<b>145</b>
1. Sobre la planta	145
2. Sobre la relación FYDSA - PEMEX	148
3. Sobre aspectos teóricos	149



## INDICE DEL ANEXO

	<u>Página</u>
I. Estimaciones de la demanda de Purfural y Derivados, S.A. (FYDSA)	157
1. Límite inferior	161
2. Límite superior	162
II. Productividad global	163
A. Resultados de las regresiones	164
1. Resultados de las regresiones utilizando $K_1$ y $L_1$	164
2. Resultados de las regresiones utilizando $K_2$ y $L_2$	167
B. Resultados y análisis de la productividad global utilizando el método de "residuos no explicados"	168
1. Cálculo en base a las elasticidades	168
2. Cálculo en base a la participación de los factores en el costo de producción	170
a) Por capital $K_1$ y por trabajo $L_1$	171
b) Por capital $K_1$ , por trabajo $L_1$ y por materia prima M. P.	172
c) Utilizando como capital $K_2$ y como trabajo $L_2$	172
d) Utilizando como capital $K_2$ , como trabajo $L_2$ y como materia prima M. P.	173
3. Cálculo en base a la participación de los factores con respecto al valor de la producción	173
4. Resumen de resultados	174
a) Utilizando las variables $K_1L_1$ y $K_1L_1M.P.$	174
b) Utilizando las variables $K_2L_2$ y $K_2L_2M.P.$	175
III. Costos e ingresos totales	177
IV. Aprendizaje	179





## PRESENTACION

El estudio de la planta química Furfural y Derivados, S.A. (FYDSA), forma parte del Programa BID/CEPAL de investigaciones en temas de Ciencia y Tecnología, que tiene como principal interés el del estudio sobre aspectos relativos al cambio tecnológico y que comprende estudios microeconómicos en varias ramas industriales entre las que se encuentran la siderurgia y la petroquímica. En términos generales, los estudios del Programa BID/CEPAL tienen como objetivo analizar el comportamiento tecnológico de las empresas y los factores que intervienen en el mismo; el origen y la creación del conocimiento tecnológico de las empresas y los factores que participan en el mismo; el origen y la creación del conocimiento tecnológico y el efecto (medición) de los cambios tecnológicos sobre uno de los renglones que afectan, la productividad de la empresa, además de clasificar e identificar el cambio tecnológico en ellas generado.

El documento comprende seis capítulos y un anexo. En la introducción se señalan algunos de los objetivos del estudio y la importancia del mismo. Inmediatamente después se explica brevemente la metodología utilizada.

En el capítulo III se describe el interesante sendero tecnológico en torno a FYDSA, que comprende desde la generación de la tecnología productiva hasta su explotación a nivel industrial y se explican las características generales de esta etapa y los orígenes de la innovación, incluyéndose finalmente un breve análisis de los factores que conformaron este período.

En el capítulo IV se explica qué es el furfural, cuáles son sus usos así como cuáles son sus perspectivas. También se analizan aquellos aspectos de la empresa de índole administrativa, las variables del mercado que de alguna manera han influido en el comportamiento tecnológico de la empresa, haciéndose además la presentación de los instrumentos de política tecnológica y su aprovechamiento por la empresa, comentándose finalmente el aspecto sobre cuál ha sido la vinculación de la empresa con el sistema científico y tecnológico del país.

En el capítulo V se presentan los diseños (lay-outs) de algunas tecnologías para producir furfural y se evalúan dos de ellas. Se menciona el aspecto relacionado con el origen del equipo, transferencia de tecnología,

/clasificación

clasificación de cambio tecnológico, funciones de producción de la empresa, y se realiza la medición sobre la productividad de la empresa, proporción de los factores en el costo y en su uso, aprendizaje y economía de escala.

El capítulo VI corresponde a conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, en el anexo de esta investigación presentamos algunos cálculos y estimaciones realizados, que por ser considerados de importancia menor o por no tener suficiente validez estadística no se incluyeron en el cuerpo del trabajo.

La decisión de formular un anexo se tomó con el objeto de disipar posibles interrogantes de los lectores y para ejemplificar a los interesados en profundizar más sobre algún tema específico de los aquí expuestos, las diferentes maneras con las que puede llevar a cabo su tarea. Se presentan en primer término los cálculos y estimaciones de la función de demanda a la que se enfrenta FYDSA. Posteriormente se analiza la productividad global por diferentes métodos de medición. El tercer tema es la presentación de los costos e ingresos totales y marginales de la empresa. Por último se exponen los resultados obtenidos en un intento de medición del aprendizaje ocurrido en la empresa.

Los autores agradecen la valiosa y desinteresada colaboración de los señores Luis de Alba Martínez y Pedro González de Alba, Propietario y Gerente de Producción respectivamente de Furfural y Derivados, S.A.

Asimismo manifiestan su reconocimiento a los señores Jorge Katz, Joseph Hodara, Daniel Bitrán, Federico J. Herschel, Hernán García, José Giral Barnés y Adolfo Canitrot por los comentarios aportados en la investigación.

## I. INTRODUCCION

Un estudio que sólo analice los aspectos tecnológicos reflejados en la productividad o en los costos y no tome en cuenta otros factores que en forma directa o indirecta afectan la generación y desarrollo de las innovaciones en una empresa, constituiría un esfuerzo limitado. Con la convicción de que el análisis tecnológico tiene que considerar el marco global en el que se desenvuelve una empresa, en el cuadro 1 se presentan las variables que se estiman de importancia para el análisis del cambio tecnológico ocurrido en FYDSA. Confiamos en que podrá ser utilizado en otras empresas.

La selección de "Furfural y Derivados, S. A." (FYDSA) se debe al hecho de que reúne características especiales dentro de la industria mexicana que creemos interesantes para el estudio de la generación interna de conocimientos. Algunas de las características principales serían las siguientes:

a) La tecnología que emplea para la obtención de furfural es un desarrollo de un investigador independiente mexicano que, sin contar con educación formal universitaria ni equipo material o humano, presenta un caso atípico al lograr llevar su descubrimiento a la fase de explotación industrial, creando y adaptando equipo de segunda o tercera clase, usado para otros fines.

b) La empresa es la única productora de furfural en México, presentando un ahorro considerable de divisas ya que anteriormente el producto era importado en su totalidad. Actualmente la empresa no sólo surte el mercado nacional, sino que exporta, dentro de las normas de calidad señaladas y a un precio menor que el de Quaker Oats, Co., empresa que actúa como monopolista en el mercado norteamericano.

c) No ha existido en absoluto dependencia del extranjero por concepto de tecnología, equipo, materias primas o asesoría externa.

d) Su materia prima principal (olote de maíz), fue considerada en el pasado como un desecho agrícola, de un valor comercial muy pequeño. Se han realizado investigaciones exitosas para el uso de otras materias

/Cuadro 1

Productividad	Cambio tecnológico	Instrumentos de política económica	Marco global
Nivel físico de producción y su valor. Evolución, métodos de medición y análisis.	Conceptualización del cambio tecnológico. Clasificación del cambio tecnológico:	Ley de Propiedad Industrial	Estudios de identificación de la competencia y sus características.
Capital: Origen y características de la maquinaria, equipos e instalaciones. Evolución, métodos de medición y análisis.	1. Dimensiones del cambio tecnológico: a) Ahorro en costos b) Mejoras en la calidad del producto c) Mejoras en la calidad de los insumos d) Aumenta la capacidad de producción e) Aumenta la variedad de productos finales f) Permite la diversificación en el uso de insumos.	Trato fiscal a los gastos de investigación.	Mercados y submercados del producto. 1. Ventas nacionales. 2. Exportaciones. 3. Estructura del mercado. 4. Mecanismo de determinación de precios. 5. Elasticidades de la demanda; medición, descripción y análisis.
Mano de obra: Número y costo del personal empleado y sus calificaciones. Demanda de personal calificado, capacitación de personal. Evolución, métodos de medición y análisis.	Identificación, descripción y análisis. 2. Cambios tecnológicos mayores y menores. Identificación, descripción y análisis. 3. Cambios tecnológicos directos e indirectos. 4. Cambios tecnológicos incorporados en el capital y en la mano de obra. Identificación, descripción y análisis.	Sistemas de normas técnicas	Mercado de factores de producción. a) Mano de obra. b) Materia prima. c) Capital. d) Estructura del mercado. e) Mecanismo de determinación de precios. f) Elasticidad de los factores con respecto al producto.
Materia prima: Consumo en número de unidades y valor describiendo por elementos principales utilizados. Disponibilidad en corto y largo plazo. Evolución, métodos de medición y análisis.	Dependencia tecnológica. 1. Nivel de desagregación del paquete tecnológico. 2. Mecanismos de transferencia y selección de tecnología. 3. Asesoría externa. Identificación, descripción y análisis.	Aranceles de importación	Efectos monetarios de la devaluación del peso: 1. La decisión de compra de tecnología extranjera; 2. Endeudamiento anterior en dólares; 3. Exportaciones
Capacidad de producción y su utilización. Identificación de cuellos de botella. Evolución, métodos de medición y análisis.	Origen de las ideas y personas que efectuaron el cambio tecnológico. Descripción y análisis.	Programas de fabricación	Efectos de los ciclos económicos y de la incertidumbre política o económica en la decisión de inversión.
Productividad global y por factores. Evolución, métodos de medición y análisis.	Mecanismos de difusión del cambio tecnológico dentro y fuera de la planta. Descripción y análisis.	Decreto de Descentralización y Desarrollo Industrial.	Aspectos generales y administrativos: 1. Historia de la planta. 2. Organigrama original de la empresa y sus evoluciones. 3. Propiedad legal del capital suscrito. 4. Financiamiento.
Proporción del uso de los factores. Evolución, métodos de medición y análisis.	Gastos y horas hombre dedicados a investigación y desarrollo.	Fideicomisos NAFINSA - Banco de México.	Coordinación con el Sistema Científico y Tecnológico.
Relación Inversión-Productividad. Evolución y análisis.		CEDIS para exportadores.	
Economías de Escala. Evolución, métodos de medición y análisis.		Registro Nacional de Tecnología.	
Costos. Evolución, métodos de medición y análisis.		Ley de Promoción de la Inversión Mexicana y Regulación de la Inversión extranjera.	
Proceso: 1. Diagramas de bloques; 2. Descripción del proceso utilizado en la empresa y de otros procesos. 3. Identificación de los oferentes de tecnología. Análisis.		Ley del Uso y Explotación de Patentes y Marcas.	
Identificación de la frontera del conocimiento mundial y rezago tecnológico. Análisis y evolución.		Ley del Impuesto sobre la Renta.	
Aprendizaje. Identificación, evolución, métodos de medición y análisis.		Ley del Impuesto sobre Ingresos Mercantiles.	
		Cargas Sociales.	
		Ley Federal del Trabajo.	

Cuadro 1

VARIABLES A INVESTIGAR EN EL ESTUDIO SOBRE ASPECTOS TECNOLÓGICOS

primas agrícolas como el bagazo y bagacillo de caña, cáscara de café, cáscara de arroz, etc., con las mismas características señaladas con respecto al olote de maíz. Estos productos agrícolas por lo general son muy abundantes y de poco valor comercial en Latinoamérica, por lo que valdría la pena desarrollar investigaciones tendientes a su mejor aprovechamiento, ya que se podría contar con una ventaja comparativa frente a otros países.

e) La empresa siempre ha mantenido investigaciones tendientes a optimizar el proceso, crear, adaptar y mejorar el equipo, diversificar el producto y la materia prima, etc., utilizando las instalaciones de FYDSA como planta piloto, lo que ha permitido un gran cúmulo de aprendizaje.

f) El inventor de la tecnología (y dueño de FYDSA), ha realizado operaciones de transferencia de tecnología, con asesoría en ingeniería básica y de detalle en la puesta en marcha de la única planta productora de furfural en Brasil, y en otra planta en construcción en México, contando con muy altas posibilidades de hacerlo en otros dos países latinoamericanos.

Del análisis de los puntos previamente señalados pueden surgir aspectos muy interesantes que hasta cierto punto van en contra de algunos argumentos sobre cuestiones tecnológicas generalmente aceptados. La planta, por ejemplo, nos sugiere la existencia de grandes posibilidades para cambios tecnológicos de creación, adaptación y mejoras de tecnologías y equipos considerados como obsoletos, lo cual es muy rara vez estudiado o aceptado por la gente que escribe sobre temas tecnológicos.

El estudio de esta planta nos permitirá, a su vez, ir a los orígenes de las innovaciones y los factores que intervienen en su creación y desarrollo; asimismo, creemos que se pueden explorar campos que han sido poco estudiados teórica y empíricamente a nivel microeconómico sobre aspectos tecnológicos, su clasificación, su medición y el efecto de otras variables que intervienen o forman parte del medio ambiente en el que se origina la innovación.

## II. METODOLOGIA

Para la realización de la investigación, se procedió a definir las variables que permitieran alcanzar los objetivos del estudio. Utilizando el cuadro de variables mostrado en esta introducción, se diseñó un cuestionario que captara los elementos de cada una de las variables del cuadro 1 mencionado.

Una vez terminado el cuestionario, se procedió a su llenado con la ayuda de grabaciones que efectuamos en tres visitas a la planta (haciendo un total de 15 días). El cuestionario sirvió de guía, más no para limitar la extensión de las respuestas o el trato de otros temas no incluidos en el mismo, pero que fueran de interés. La información recabada en la planta fue revisada, y ampliada por el inventor de la tecnología y dueño de la empresa, en cinco visitas posteriores y por fuentes diversas (Standard Research Institute, Chemical Economics Hand Book, Secretaría de la Presidencia, Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos, Secretaría de Comercio, Instituto Mexicano del Petróleo).

### III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, GENERACIÓN Y EXPLOTACIÓN INDUSTRIAL DE LA TECNOLOGÍA "FYDSA"

Los pasos globales en el desarrollo de la tecnología sujeta a estudio, pueden ser enumerados de la siguiente manera: recopilación bibliográfica; montaje de un laboratorio; diseño y montaje de una planta piloto; diseño, montaje y puesta en marcha de la planta industrial, y optimización de operaciones, mejoras en el proceso de producción, mejoras en el diseño general de la planta, optimización del proceso, mejoras en la calidad del producto, elaboración de otros productos y uso de otras materias primas.

Los tres primeros puntos corresponden a las fases previas a la formación en sí de la empresa "Furfural y Derivados, S. A.", y es a partir del punto penúltimo en donde se ve la incidencia clara de muchos factores, externos e internos, sobre el desarrollo del proceso.

El último punto no se menciona en este capítulo por ser el de estudio central, dentro del desarrollo de tecnología de esta empresa, y será tratado en forma amplia en el capítulo V.

#### 1. Desarrollo del proceso, previa instalación de FYDSA

##### a) Recopilación bibliográfica

A partir del año de 1964 se iniciaron los trabajos de investigación que culminaron con el desarrollo de la tecnología que emplea FYDSA para la obtención del furfural.

El inventor de la tecnología, Sr. Luis De Alba Martínez, inicialmente trabajaba para obtener, a partir de la resina del pino, un producto llamado brea, el cual para su refinación requería del uso de furfural, el que tenía un precio muy alto que hacía antieconómico el producir esa brea, por lo que decidió tratar de elaborar su propio furfural para posteriormente utilizarlo en la obtención de la brea refinada en cuestión.

De esa decisión se derivó el que comenzara a reunir información sobre los procesos para obtención de furfural, datos que procedían, en su mayoría, de los Estados Unidos. Posteriormente se enteró de que en el

/país

país no se producía y que se importaba en cantidades importantes, principalmente por PEMEX.

Esto último le llevó a tomar la decisión de dedicarse exclusivamente a tratar de obtener furfural, haciendo a un lado la obtención de brea.

Las primeras referencias bibliográficas de que hizo uso fueron las enciclopedias químicas, como la Kirk Othmer y varias otras, en donde ampliamente hay información sobre los pasos a nivel de laboratorio, que se deben de seguir para la obtención del furfural.

b) Laboratorio experimental

El siguiente paso fue la instalación en su casa de un muy rudimentario "laboratorio" en donde comenzó a experimentar y a obtener en pequeñas cantidades, furfural a partir de olote. Este "laboratorio" carecía de las facilidades de instalación de servicios y equipo adecuados.<sup>1/</sup>

c) Planta piloto

Al cuantificar los resultados de los experimentos de laboratorio, instaló una planta piloto. Para esta planta se adquirió, en su mayor parte, equipo considerado como chatarra, el cual fue acondicionado y adaptado para operar dentro del proceso. El diseño de la planta piloto lo realizó el Sr. De Alba y el local en el que fue localizado se acondicionó para cumplir con las necesidades planteadas.

Por el tiempo en que el Sr. De Alba realizaba sus pruebas en la planta piloto, Petróleos Mexicanos, por medio de una publicación a través de los periódicos, dio a conocer sus requerimientos de la materia prima que en ese tiempo importaba, y pedía la instalación en México de fábricas para la elaboración de tales productos, entre los que se encontraba el furfural. De esa invitación y de los resultados positivos de las prácticas de planta piloto, el Sr. De Alba decidió instalar la planta para producción comercial de furfural.

<sup>1/</sup> El "laboratorio" fue montado en un cuarto que era destinado para guardar implementos de jardinería, y parte del "equipo" eran ollas de vapor ya no usadas en su casa para preparar alimentos.



Es importante mencionar que todo el trabajo y evaluación de resultados generados en el laboratorio y planta piloto fue realizado por el Sr. De Alba, cuya preparación formal no rebasaba la educación secundaria, y que contaba sólo con experiencia previa en la construcción civil y la perforación de pozos petroleros, además de sus indiscutibles habilidades e ingenio propios.

Queremos hacer notar que debido a la política de sustitución de importaciones, el gobierno ha publicado periódicamente, por diversos medios de comunicación, listas de una serie de productos que se importan y que recomienda sean elaborados en el país, para disminuir tales importaciones. El caso de FYDSA ha sido un resultado positivo de la mencionada política, ya que contribuyó a que ahora se produzca en México un producto no suntuario, que anteriormente se importaba en su totalidad. No obstante, es necesario indicar que esta política sería mucho más útil para el país si fuera dirigida exclusivamente hacia el impulso de la fabricación de bienes en donde México tenga alguna ventaja comparativa dinámica, o en donde el interés social así lo requiera. Esa ventaja comparativa dinámica se derivaría del hecho de que la frontera del conocimiento técnico para la fabricación del bien no se desplace continuamente,<sup>2/</sup> lo que permitiría al país ser competitivo a nivel internacional, cuando por efecto del aprendizaje o compra de la tecnología más desarrollada, llegue a estar en la frontera del conocimiento o muy cerca de ella.

De la identificación de esos campos se podría alcanzar la especialización en la producción de bienes donde el país pueda ser más eficiente y dejar de intervenir en donde esta condición no se cumple, ya que es un hecho que el país no debe intentar la producción de todos los bienes y servicios que consume.

## 2. Diseño de la planta, montaje y puesta en marcha

El tiempo que requirió el diseño de la planta fue de 12 meses y se llevó a cabo en el año de 1966. No se necesitó de la asesoría o contribución alguna por parte de personal calificado, profesionalista o técnico, del país o del extranjero. El montaje y puesta en marcha también absorbió 12 meses y se realizó entre 1967 y 1968.

<sup>2/</sup> Uno de los objetivos del programa de investigación BID-CEPAL en temas de ciencia y tecnología en América Latina es el de estudiar aquellos sectores en donde la frontera del conocimiento tecnológico no se esté desplazando continuamente.

En junio de 1968, FYDSA inició sus operaciones alcanzando a producir en ese año un total de 147 toneladas. La capacidad real en el arranque de la planta era de 545 toneladas anuales.

El capital que se requirió para la instalación de la planta se obtuvo de dos fuentes: recursos propios del Sr. De Alba y un préstamo otorgado por una financiera privada nacional.

#### Origen del equipo

Al igual que para la planta piloto, muchos equipos fueron adquiridos de otras empresas, en donde se les consideraba como equipo obsoleto o como chatarra, los que se repararon o adaptaron a las condiciones del proceso.

### 3. Desarrollo del proceso postinstalación de FYDSA

Desde el arranque de la planta se inició una segunda etapa, en el desarrollo del proceso, pues fue aquí en donde se optimizó al mismo y donde se ha hecho patente la función de aprendizaje. Todas las pruebas realizadas, dentro de las actividades de investigación y desarrollo, se han efectuado en la planta comercial, lo que ha permitido evaluar a nivel industrial los resultados de tales investigaciones. Se han realizado cambios en el diseño general de la planta, mejoras en el proceso de producción, mejoras en la calidad del producto, optimización de operaciones, recuperación de subproductos, elaboración de nuevos productos y diferentes pruebas para obtención de furfural a partir de otras materias primas. Las mejoras en el producto y en el proceso han permitido que ambos hayan tenido aceptación en mercados internacionales, ya que el furfural se exporta a varios países, en condiciones competitivas de calidad y precio.

Por lo que se refiere al proceso, éste fue vendido en Brasil, en donde actualmente opera con muy buenos resultados productivos. También se ha vendido, recientemente, en México.

A partir de la instalación de FYDSA, una serie de factores internos y externos a la empresa han contribuido en el desarrollo del proceso. Cada uno de estos factores será analizado a lo largo del trabajo.

#### 4. Análisis de la evolución del proceso para obtención de furfural

##### Origen de la idea

Los acontecimientos que iniciaron todo el trabajo para el desarrollo del proceso empleado por FYDSA, para la obtención de furfural, nos llevan a analizar las actitudes tomadas por el inventor de la tecnología en cuestión.

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, las causas que indujeron a De Alba a realizar actividades innovativas fueron, por un lado, la de alcanzar un beneficio económico, y por otro, la de que ese tiempo dedicado a la investigación le sirviera como válvula de escape a sus problemas. Sin embargo, hay algo muy importante en la actitud del inventor frente a las situaciones que se le presentaron; en cada una de las decisiones que tomaba iba implícito un riesgo, es decir, desde que decidió hallar la forma de elaborar un producto, se arriesgó a fallar en su intento. Esta situación se vuelve más interesante si vemos que la educación formal del Sr. De Alba no era lo suficientemente completa como para aventurarse a realizar un desarrollo tecnológico y que ésta intención se viera coronada por el éxito. De aquí puede deducirse que la educación informal del Sr. De Alba ha jugado un papel muy importante en el desarrollo en cuestión, conjuntando su experiencia personal adquirida a lo largo de su vida con la autoeducación derivada del estudio por él realizado sobre la información referente a furfural (autodidacta) y ambas con sus habilidades innatas como su capacidad de observación, de análisis, de toma de decisiones y la cualidad de ser una persona que acepte correr riesgos. No es el desarrollo de esta tecnología el producto de una genialidad, sino más bien es el resultado de haberse conjuntado, por un lado, cierta cualidad de aptitudes innatas del inventor y, por otro, la educación informal del mismo.

#### 5. Análisis sobre la actividad de diseño

Todo el proceso del desarrollo tecnológico en cuestión fue muy rico en adaptación y diseño de equipo. Esto se debió principalmente a que los equipos utilizados en el proceso son de características muy especiales, lo que

/no permitía

no permitía encontrar en el mercado equipos que llenaran las especificaciones del proceso y en otras ocasiones el alto costo de esos equipos obligó a realizar diseños propios. Mucha de esa actividad de diseño se hizo tomando como base la información obtenida de catálogos y libros técnicos, así como de definir las condiciones de operación y de pedir a algún calculista que diseñara el equipo que pudiera cumplir con esas condiciones de operación y, finalmente para ambas situaciones, se enviaban para la construcción de esos equipos a algún taller o empresa de la localidad.

Parte importante del equipo que se colocó para el arranque de la planta fue adaptado de equipos diseñados originalmente para cumplir con funciones totalmente diferentes a las que se requieren dentro del proceso. Mucho de este equipo fue comprado de las anteriores empresas del Sr. De Alba, adquiriéndose a un precio bajo, sobre todo porque eran equipos que no estaban ya en operación. Por ejemplo, dentro de estos equipos se encontraban los actuales digestores, que eran los tanques de almacenamiento de combustible que alimentaban a las perforadoras de pozos petroleros, que De Alba tenía en su empresa perforadora.

Estos tanques fueron divididos por la mitad y después acondicionados para usarse como recipientes que pudieran trabajar con presión elevada y alta temperatura. Por lo tanto, la capacidad de los digestores estuvo sujeta al tamaño de los antiguos tanques de almacenamiento y no fue determinada con alguna otra base. Estos digestores son los equipos que están determinando la capacidad de la planta y, como se ve, no se tomaron los criterios normales para la selección de capacidades de producción.

Estas actividades de diseño, fabricación y adaptación de equipos, llevó a que la inversión por concepto de equipo fuera muy baja. Sin embargo, esta etapa estuvo ausente de fundamentos ingenieriles sólidos que podrían haber ayudado a prevenir y resolver algunos problemas que afectan a la producción actual de la empresa. Muchos de estos problemas se deben a que los equipos no tienen las capacidades indispensables o requeridas para el proceso, o también a que debido al mal diseño de los equipos se ha requerido de excesivos tiempos muertos por mantenimientos

correctivos muy frecuentes y porque, en otros casos, la planta no cuenta con los suficientes servicios auxiliares. Sin embargo, muchos problemas de este tipo se han ido resolviendo sobre la marcha, al ir conociendo el proceso y a que el personal ha ido adquiriendo la experiencia necesaria para ello.

Por lo que se refiere al diseño de la planta, éste sólo previó una ampliación más. La segunda ampliación efectuada ya tuvo dificultades para llevarse a cabo, sobre todo por la limitante física de espacio para la instalación de los equipos. Consideramos que con las condiciones actuales sólo se podría efectuar una ampliación más, con las mismas características de las anteriores, utilizando los servicios auxiliares ya instalados. Pensamos que una ampliación adicional a la ya mencionada provocaría muchos problemas en la utilización de los servicios auxiliares o aún más, la creación de otros, además de que el tamaño de los digestores utilizados actualmente no es el más eficiente, por lo cual se requeriría prácticamente montar una nueva planta.

En el diseño original de la planta, las especificaciones de los materiales para equipo, tubería y soportería en general, fueron decididas tomando en cuenta las condiciones de trabajo a las que iban a ser sometidos cada uno de ellos, pero al cambiar de catalizador en la reacción de deshidratación, se cambiaron esas condiciones de operación que han afectado y aún afectan al equipo y la operación de la planta. El problema que se presenta es una fuerte corrosión que puede evitarse si se recubren los equipos con los materiales adecuados, pero que requeriría invertir una fuerte cantidad de dinero, lo cual la empresa no ha podido realizar por varios motivos, todos ellos de índole económica.

La función del financiamiento ha sido muy importante en la historia de la empresa.

Para la etapa inicial de la firma, la mayor parte se realizó con los propios recursos del Sr. De Alba (fase de laboratorio, planta piloto, diseño y compra de equipo). Los recursos económicos limitados con que contó la empresa la obligaron a buscar la forma de ahorrar en muchos renglones de la compra de equipo.

/Financiera

Financiera Azteca, S. A., concedió un préstamo que permitió la instalación de FYDSA, y Nacional Financiera, S. A. le otorgó otro préstamo para la segunda ampliación. Estos han sido los dos únicos financiamientos externos que la empresa ha recibido, ya que también ha hecho uso de sus propios recursos o fuentes internas de financiamiento (acciones, utilidades, etc.).

#### 6. Análisis sobre la selección del sitio para la ubicación de la planta

La planta de FYDSA está localizada en la zona industrial de la ciudad de Irapuato, Gto. Esta localización se hizo tomando como base que el principal consumidor de furfural en México se encuentra muy cerca de Irapuato (Salamanca, Gto.) y a que en el Estado de Guanajuato se encontraría suficiente cantidad de olote.

La primera instancia es correcta, pero la segunda no. Primero, por las estadísticas obtenidas se puede apreciar que existen estados de la República con una producción de maíz mucho mayor que la de Guanajuato (Jalisco, México, Tamaulipas, Veracruz). (Véase el cuadro 2.) Esto hace que se pueda encontrar más fácilmente y en concentraciones adecuadas el olote requerido por FYDSA (no tan disperso como en Guanajuato).

La escasez relativa de olote en la región circundante a la empresa, ha obligado a traerlo a la planta desde lugares lejanos, lo que se ha traducido en un aumento en el costo de compra de olote y que, a su vez, ha originado el aumento en el costo de producción y precio de venta del furfural, aumento que ha causado problemas a FYDSA por tener que negociar los términos de venta sobre todo con su principal comprador. Sin embargo, no todo ha sido negativo ya que la necesidad de producir furfural ha llevado a la empresa, en ocasiones, a lograrlo a base de otras materias primas, obligados por la escasez de olote. Del uso de esas otras materias primas (bagazo de caña, cascarilla de coco, aserrín, etc.) se han desprendido importantes experiencias de desarrollo.

La localización de la planta sólo ha incidido en que el costo por compra de olote se eleve por el factor de flete y que esa elevación se refleje en el precio del furfural.

Cuadro 2

## MEXICO: PRODUCCION ANUAL DE MAIZ

(Toneladas)

	Guanajuato	Jalisco	Veracruz	Michoacán	Tamaulipas	México
1964	503 506	2 019 688	1 269 993	453 262	402 459	454 550
1965	493 500	2 049 429	1 440 000	451 343	372 143	709 118
1966	546 227	4 452 507	1 222 255	497 390	200 000	590 000
1967	528 224	2 543 934	1 018 486	485 531	271 264	850 226
1968	500 272	2 624 058	970 291	274 228	453 371	857 331
1969	397 527	2 495 699	962 592	419 595	506 930	655 945
1970	501 328	2 432 515	906 433	432 292	563 191	705 002

Fuente: Secretaría de Agricultura y Ganadería.

El cuadro 1 comprueba que los estados de Veracruz y Jalisco producen más maíz que Guanajuato. Estimamos que es más importante para una empresa como FYDSA, en donde el 80% de la materia prima que utiliza corresponde a un solo renglón (olote de maíz en este caso) y con un rendimiento sobre ésta del 9% aproximadamente, para la obtención del producto final, colocar su planta cerca de los lugares de abastecimiento de materia prima para el abarataamiento en fletes y para seguridad en el suministro de esa materia prima. Sin embargo, para la decisión de localizar a la planta en la ciudad industrial de Irapuato, Gto., no sólo se tomaron los aspectos técnicos, sino que también influyeron situaciones personales del dueño de la empresa y también tuvo influencia sobre esta decisión el hecho de que el Sr. De Alba fue participante en la construcción de la mencionada zona industrial, lo que le permitía el conocimiento real de las facilidades que ésta contenía y de las personas a las que debía dirigirse para la adquisición del terreno para la planta, lo que, en suma, representaba una ventaja para el dueño de la empresa.

En el capítulo siguiente hablaremos de algunas variables que forman el marco general en el que FYDSA se ha desarrollado y que intervienen en forma directa o indirecta en la generación de cambios tecnológicos en la empresa.

/IV. VARIABLES

#### IV. VARIABLES QUE FORMAN EL MARCO GENERAL EN EL QUE SE DESENVUELVE LA EMPRESA

Dentro de las variables que enmarcan la situación de la empresa, empezaremos reseñando en forma general (para proporcionar los antecedentes necesarios al lector) qué es el furfural, sus procesos de obtención y los usos del mismo. Posteriormente, analizaremos algunos aspectos específicos de FYDSA como son: 1) el monto y propiedad del capital, organigrama y financiamiento; 2) aspectos del mercado de furfural (importación, exportación y ventas nacionales), las características del mismo (barreras a la entrada de nuevas empresas, precios y mecanismo de su determinación) y las relaciones con PEMEX, y 3) instrumentos de política tecnológica utilizados por la empresa y su relación con el sistema científico y tecnológico del país.

##### 1. Antecedentes

###### a) Qué es el furfural

El furfural es el miembro más importante de la familia de los compuestos heterocíclicos llamados furanos, los cuales se caracterizan por tener un anillo de cuatro carbonos, con valencias dobles insaturadas y formando parte del anillo un átomo de oxígeno. Unido al anillo, en posición dos, se encuentra el radical CHO que le da la característica de aldehído. Su fórmula condensada es  $C_5H_4O_2$ .

Su descubrimiento data del año de 1832, en que el químico alemán Dobereiner, reporta la formación de unas gotas de un aceite amarillo en el destilado obtenido, incidentalmente, en la preparación de ácido fórmico a partir del azúcar por la acción del dióxido de manganeso y del ácido sulfúrico. Posteriormente, Stenhouse y Ciment, químicos norteamericano y alemán, respectivamente, establecieron que dicho aceite podía obtenerse de gran cantidad de sustancias vegetales. Stenhouse determinó el punto de ebullición, la gravedad específica y la fórmula condensada del furfural  $C_5H_4O_2$ .

###### /b) Proceso



b) Proceso de manufactura

El furfural es obtenido en forma industrial a partir de los residuos agrícolas que contienen pentosanas. Las principales fuentes de pentosanas utilizadas hoy en día son el olote de maíz y el bagazo de caña de azúcar.

En el cuadro 3 se presentan los porcentajes de rendimiento para la obtención de furfural base seca, de varios productos.

Cuadro 3

RENDIMIENTOS POR MATERIAS PRIMAS, PARA OBTENER  
FURFURAL BASE SECA

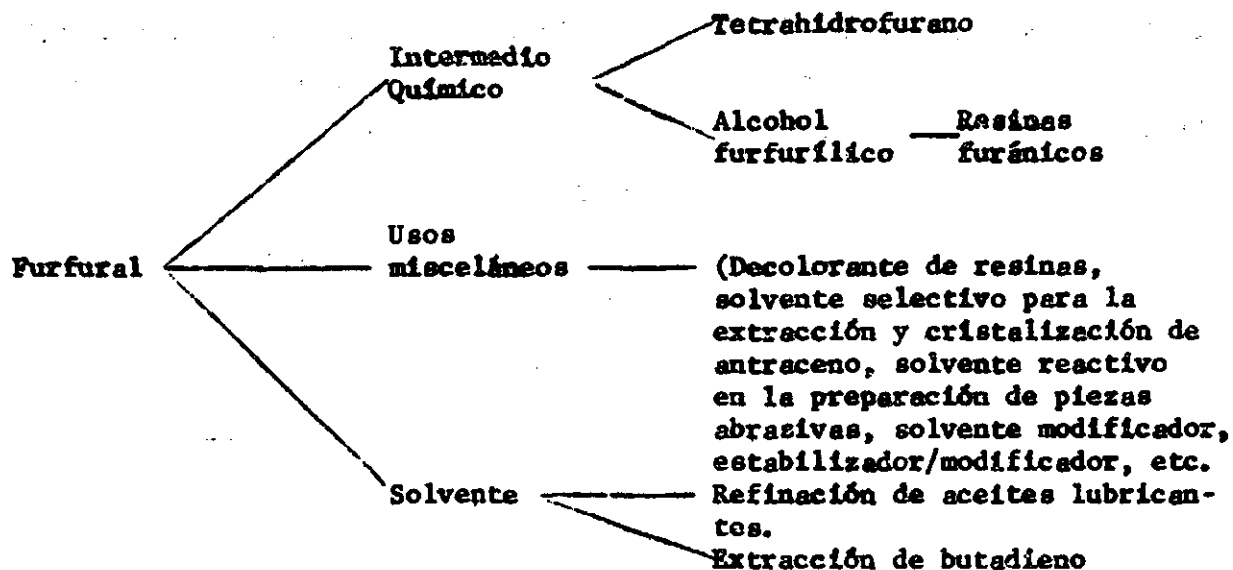
(Porcentajes)

Materia prima	Rendimiento
Olote de maíz	12
Cáscara de almendra	10
Bagazo de caña de azúcar	9
Caña de bambú	9
Madera	6 10
Paja	6 8
Cascarilla de arroz	6
Cáscara de avena	11
Vaina de girasol	11
Cascarilla de algodón	9.6

Fuente: Stanford Research Institute, Chemical Economics Handbook, Menlo Park, Cal., U.S.A.

Existen dos tipos de proceso, continuos y discontinuos. En los procesos continuos la materia prima que contiene a las pentosanas se mezcla con una solución diluida de ácido sulfúrico y se inyecta vapor de agua a presión, transformándose las pentosanas en pentosas, las cuales, en contacto con el ácido sulfúrico, se deshidratan para obtener furfural. Estos procesos son los industrialmente usados, mientras que los discontinuos se utilizan generalmente en prácticas de laboratorio.

USOS DEL FURFURAL



Cuadro 4

USOS DEL FURFURAL EN MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS, 1974

(Porcentajes)

	México (producido por FYDSA) <sup>a/</sup>	Estados Unidos (producido por Quaker Oats) <sup>b/</sup>
Intermedio químico	0	42.48
Solvente	58.53	15.68
Usos misceláneos	15.90	2.62

a/ Investigación propia. La suma del 100% del furfural producido por FYDSA se obtiene al considerar la exportación efectuada ese año igual a 25.57%.

b/ Chemical Economics Handbook, op. cit. La suma del 100% se obtiene sumando el 39.22% de exportaciones.

/Como se

Como se indica en el Cuadro 4, de la página anterior, el mayor uso que se le asigna al furfural en los Estados Unidos es para utilizarlo en la producción de alcohol furfurílico y tetrahidrofurano, destinados a la elaboración de productos químicos; sin embargo, en México se importa la totalidad de estos productos, por lo que existe gran potencial de consumo nacional de furfural para la producción de derivados del mismo, usados como intermedios químicos. El análisis de esta perspectiva será efectuado en una sección posterior.

## 2. Aspectos administrativos

a) Organigrama (Véase el organigrama)

b) Propiedad

El monto del capital suscrito de FYDSA es de 10 millones de pesos, siendo el 100% de propiedad privada mexicana.

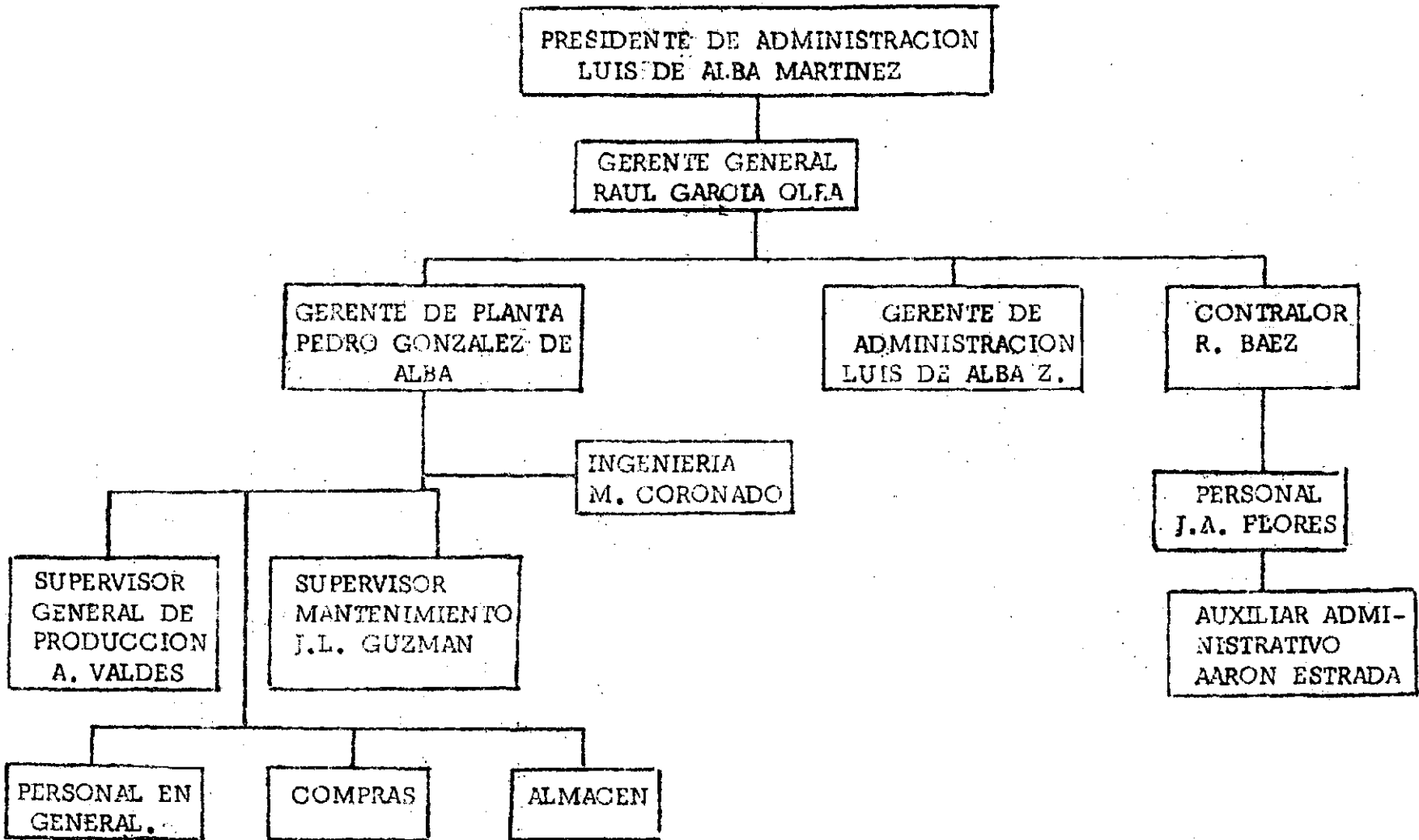
c) Financiamiento

El renglón de financiamiento es crítico para la instalación, operación y crecimiento de cualquier empresa. Ha sido evidente para esta planta que los organismos factibles de otorgar el apoyo financiero requerido por FYDSA para el mejor desempeño de sus actividades no han intervenido como podría esperarse, seguramente debido a que como empresa pequeña y con problemas en la operación de la planta, no representaba alguna seguridad para la recuperación del préstamo que se concediera. Esta interrogante sobre el futuro económico de la empresa se podría plantear desde los siguientes puntos de vista:

1. Para la instalación de la planta se tenía que ésta operaría con una tecnología nueva, nunca antes probada a nivel industrial, y que no se sabía si iba a trabajar o no con resultados económicos satisfactorios.

2. Para la misma fase de instalación y aun en la de operación, se plantea que la empresa no representaba seguridad desde el punto de vista de que, en el caso de incumplimiento en el pago por parte de FYDSA, se podría sabestar o rematar la planta, pero no se encontrarían muchos interesados en adquirir la planta o los equipos por lo específico de ambos en su función; es decir, muchos de los equipos utilizados por FYDSA (sobre

ORGANIGRAMA FYDSA, 1977



/codo

todo los más importantes), cumplen con funciones muy específicas dentro del proceso y no son equipos estándares que fácilmente puedan colocarse en plantas de otro tipo y por lo que se refiere al total de la planta, como es la única en México, cuando el banco interviniera en ella no sería fácil encontrar quien pudiera operarla adecuadamente.

Estos dos puntos son algunos de los que se han manejado en contra de otorgar financiamientos a FYDSA.

En el cuadro 5 se resumen los datos sobre el capital y el pasivo total de la empresa.

Cuadro 5

## DATOS SOBRE EL CAPITAL Y EL PASIVO TOTAL DE LA EMPRESA, 1969 A 1976

	Capital (1)	Pasivo (2)	Porcentaje que representa el pasivo del total $(2)/(1)+(2)$ (3)
1969	5 000 000	5 518 000	52.5
1970	8 950 000	4 790 909	34.9
1971	10 000 000	7 604 694	43.2
1972	10 000 000	5 454 493	35.3
1973	10 000 000	11 668 503	53.9
1974	10 000 000	12 044 276	54.6
1975	10 000 000	8 425 394	45.7
1976	10 000 000	13 942 834	58.2

Fuente: Furfural y Derivados, S. A.

Es importante mencionar el hecho de que el propio inventor de la tecnología es el que lleva a la explotación comercial su innovación. Generalmente los inventores independientes no llevan su invento hasta la etapa industrial por carecer de los recursos económicos necesarios y del espíritu empresarial indispensable.

/Para la

Para la instalación de FYDSA, De Alba hizo uso de capital propio y de equipo que tenía en sus anteriores empresas. El 47% del total invertido fue proporcionado por De Alba y el resto por préstamos otorgados por Financiera Azteca, S. A. y financiamientos de los proveedores de materiales y equipo, al efectuar a plazos el cobro por sus cuentas.

### 3. Mercado

En este apartado analizaremos las ventas de FYDSA, la demanda y las barreras a la entrada de nuevas empresas, en una primera parte. Posteriormente estudiaremos el mecanismo de determinación de los precios y la evolución de estos últimos.

#### a) Ventas de FYDSA (nacionales y exportaciones)

Antes de 1968, fecha de instalación de la planta de FYDSA, el total del furfural consumido en México se importaba. A partir de esa fecha, un porcentaje del consumo nacional fue cubierto por FYDSA, hasta llegar a 1972, cuando la planta fue capaz de abarcar la totalidad del consumo nacional, por lo que dentro de la política de sustitución de importaciones se cerró la frontera para la importación y exportación de furfural, por un periodo de tres años, de acuerdo con lo publicado en el Diario Oficial de la Federación del mes de enero de 1972.

Los principales compradores de furfural en México han sido, en forma promedio de 1968 a 1976, los siguientes:

PEMEX con el 84%;

ESQUIM, S. A. con el 7%, y

Varios con el 9%.

Los principales consumidores extranjeros del furfural mexicano son:

I.C.C. Industries (Estados Unidos);

Copachin American (Estados Unidos);

Petrotex (Estados Unidos);

Asiatic Petroleum Co.;

Kao Sop, Co. (Japón), y

Petrobras (Brasil), hasta antes de la construcción de la planta que desde 1975 abastece las necesidades del Brasil con la tecnología del Sr. De Alba.

/A partir

A partir del inicio de exportaciones por parte de FYDSA, en 1973, éstas promedian, de 1973 a 1976, el 24% del volumen total de ventas.

Por lo que se refiere a las importaciones, de 1968 a 1975, sólo en 1972 no se registró ninguna compra de este producto proveniente del extranjero. El porcentaje promedio de 1968 a 1975 de las importaciones corresponden al 30% del consumo total. (Véase el cuadro 6.)

Cuadro 6

**IMPORTACIONES DE PEMEX Y EXPORTACIONES DE FYDSA, 1974 Y 1975**

	Importación de PEMEX (fob)		Exportación de FYDSA		Precio normal FYDSA (cif) p/PEMEX (pesos/t) (5)
	Ton. (1)	Promedio (pesos/t) (2)	Ton. (3)	Promedio (pesos/t) (4)	
1974	514	18.94	347	24.36	12.25
1975	363	21.26	433	22.62	16.46

Fuente: Columnas 1 y 2: Secretaría de la Presidencia.

Columnas 3, 4 y 5: Furfural y Derivados, S. A.

Con estos datos podemos estimar lo que PEMEX ha pagado de más por concepto de importación contra compra a FYDSA y lo que FYDSA ha recibido de más por exportación contra venta a PEMEX. (Véase el cuadro 7.)

Cuadro 7

**DIFERENCIAS PARA PEMEX Y FYDSA POR IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES, 1974 Y 1975**

	Diferencia para PEMEX por: importación contra compra FYDSA		Diferencia para FYDSA por: Exportación contra venta PEMEX	
1974	(-)	3 438 660	(+)	4 202 190
1975	(-)	1 742 400	(+)	2 667 280

(-) Pérdidas por compra en el extranjero.

(+) Ganancias por venta en el extranjero.

/Estos

Estos resultados confirman lo expresado en el punto anterior sobre la importancia que FYDSA representa, no sólo para PEMEX, sino para el país por la posible generación y ahorro de divisas, según sea el caso. (exportación o importación).

Cuadro 8

VENTAS TOTALES DE FYDSA, 1968 A 1976

	Ventas totales (toneladas)	PEMEX		Otros del país		Exportación	
		Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
1968	146.0	140.0	95.9	6.0	4.1	-	-
1969	338.2	301.0	89.0	37.2	11.0	-	-
1970	651.4	563.0	86.4	88.4	13.6	-	-
1971	898.6	772.0	85.9	126.6	14.0	-	-
1972	916.7	806.0	87.9	110.7	12.0	-	-
1973	950.2	525.0	55.2	195.2	20.5	230	24.2
1974	843.4	280.5	33.2	215.9	25.6	347	41.1
1975	1 299.4	750.0	57.7	116.4	8.9	433	33.3
1976	1 393.7	1 193.0	85.3	137.0	9.8	68	4.8

Fuente: FYDSA.

Cuadro 9

IMPORTACION NACIONAL Y DE PEMEX, 1968 Y 1975  
(Toneladas)

	Importación nacional	Importación PEMEX
1968	475	862 <sup>a/</sup>
1969	682	492
1970	625	835 <sup>a/</sup>
1971	136	136
1972	-	-
1973	45	-
1974	539	514
1975	496	363

Fuente: Columna 1. De 1968 a 1974 Anuario Estadístico del Comercio Exterior 1975 (SIC); 1975 proviene de la Dirección General de Aduanas (SHCP).

Columna 2. Escrito G.R-12, Exp. 208 de la Gerencia de Refinación de PEMEX. (17-XI-75).

<sup>a/</sup> Datos incongruentes.



Del total de importación nacional para el año de 1969 y el período 1971-1975 (se eliminó 1968 y 1970 por incongruencia), se tiene que el 80% de esas importaciones correspondieron a las realizadas por PEMEX, en forma promedio.

b) Demanda

Es clara la importancia que Petróleos Mexicanos tiene dentro del mercado nacional de furfural, por lo que si nos concentramos en el análisis de la demanda que tiene PEMEX, podremos explicar en un alto porcentaje las características de la demanda nacional.

Las compras de PEMEX han sido, a partir de 1968 en que inicia FYDSA sus operaciones, resumidas en el cuadro 10, que incluye también los precios promedio pagados por PEMEX.

Cuadro 10

PEMEX: COMPRAS TOTALES, 1968 A 1976

	Toneladas <sup>a/</sup>	Indice de precios: Imp. + FYDSA (Pesos/Kg.) <sup>b/</sup>
1968	1 002.0	4.29
1969	793.0	4.76
1970	1 398.0	5.04
1971	908.0	5.78
1972	806.0	7.00
1973	525.0	7.17
1974	794.5	14.26
1975	1 113.0	16.87
1976	1 330.0	16.95

Nota: En el apéndice se presentan algunas regresiones para estimar la demanda de PEMEX.

<sup>a/</sup> FYDSA. Gerencia Administrativa.

<sup>b/</sup> Investigación propia.

/De los

De los datos presentados en los cuadros anteriores se puede suponer que las compras de parte de PEMEX han sido determinadas por la posible existencia de inventarios de furfural. Nuestra estimación del consumo promedio anual de PEMEX es de 885 toneladas y su comportamiento ha sido el de ir incrementando los volúmenes de inventario cuando las condiciones sean favorables (entre ellas el precio de compra) para hacer uso de esas reservas en los años siguientes.

Los datos de compra de PEMEX, índice de precios y promedios de compras, se muestran en el gráfico 1.

En los gráficos 2 y 3 podemos observar que en los años en que PEMEX contaba con grandes inventarios (según nuestras estimaciones) disminuía el volumen de compra de FYDSA.

En 1972 PEMEX acumuló grandes inventarios de furfural, por lo que redujo sus compras en el año siguiente. Esto originó que FYDSA tuviera importantes cantidades de producción en stock que estaban descapitalizando a la empresa y la tenían al borde de la quiebra, por lo que empezó a buscar otros mercados para la venta del producto. Al año siguiente FYDSA inicia sus experiencias como exportador con ventas a Brasil, por las cuales tuvo que pagar el costo del aprendizaje ya que, por no conocer todas las características del mecanismo de exportación, fijó un precio demasiado bajo en el cual no consideró los gastos de venta, fletes y envases, provocando que la venta se efectuara con pérdidas netas para FYDSA.

En 1974 PEMEX usa sus inventarios por no aceptar un aumento de precios solicitado por FYDSA, petición fundamentada en el aumento en costos originado por la escasez de olote en la región de influencia de la empresa y del país en general (fue el año de producción nacional de maíz más bajo de los últimos 10 años). Esto originó que PEMEX importara furfural al mismo tiempo que FYDSA lo exportaba.

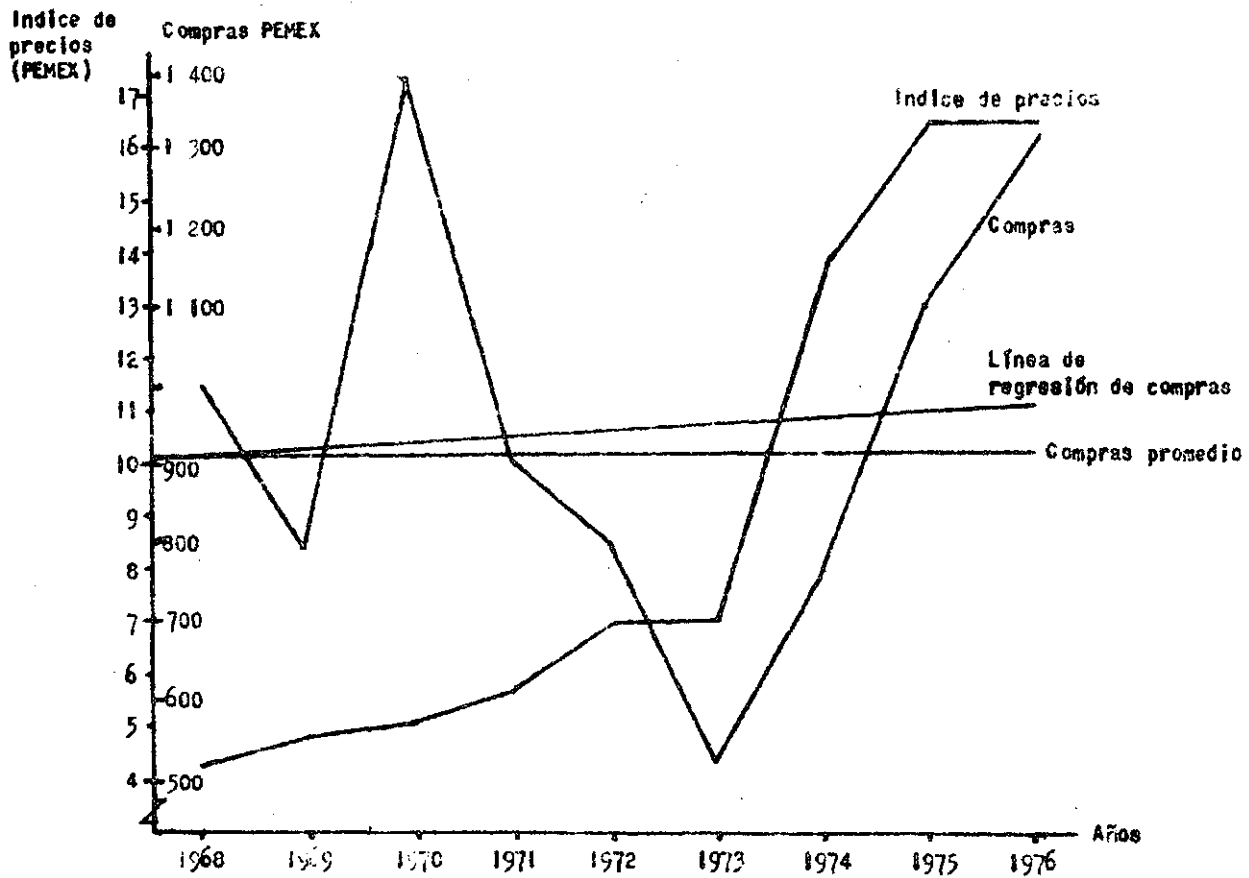
### c) Precios

El precio de venta de furfural ha sufrido continuos incrementos debido a una serie de factores tales como el alza en el costo de la materia prima, energía eléctrica, combustible, sueldos y prestaciones, etc.

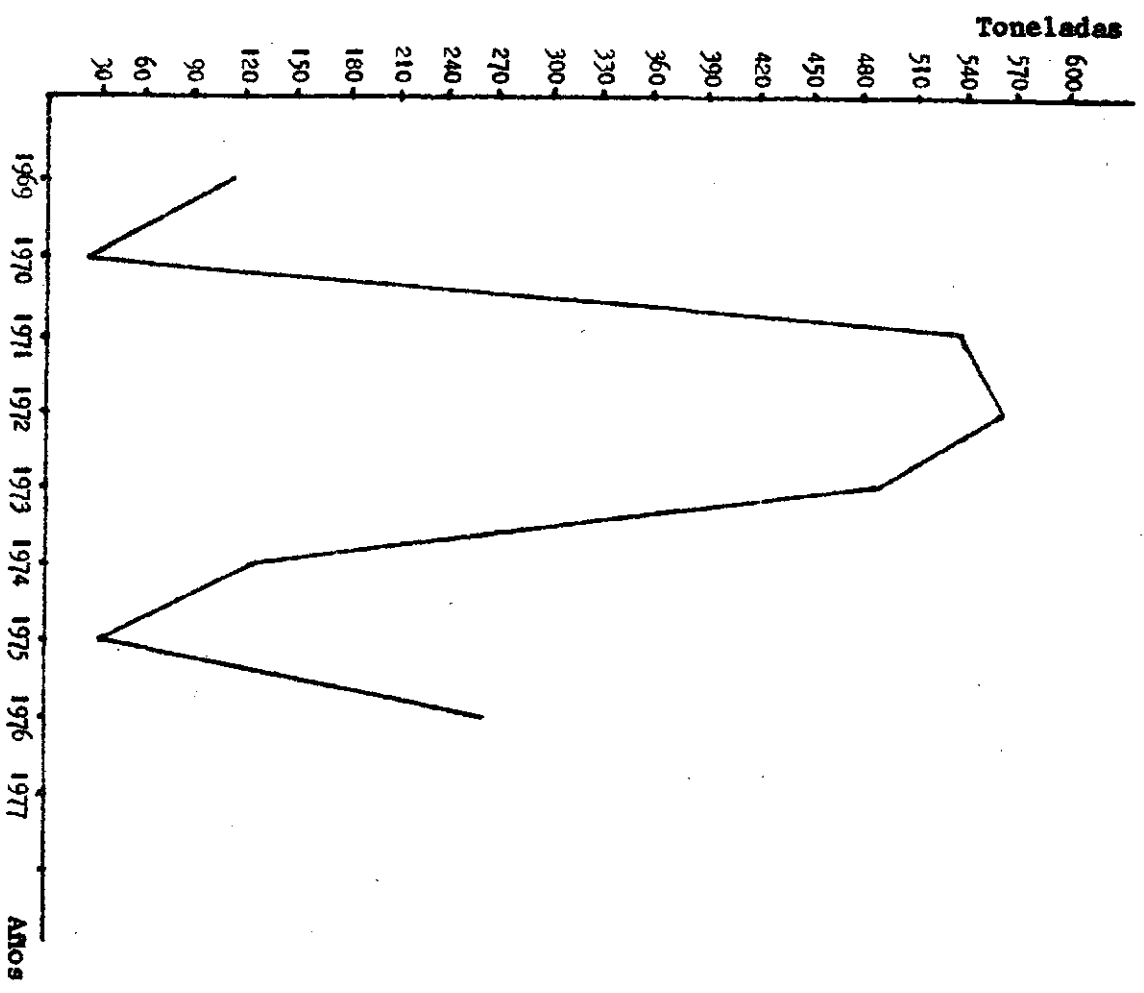
/Gráfico 1

Gráfico 1

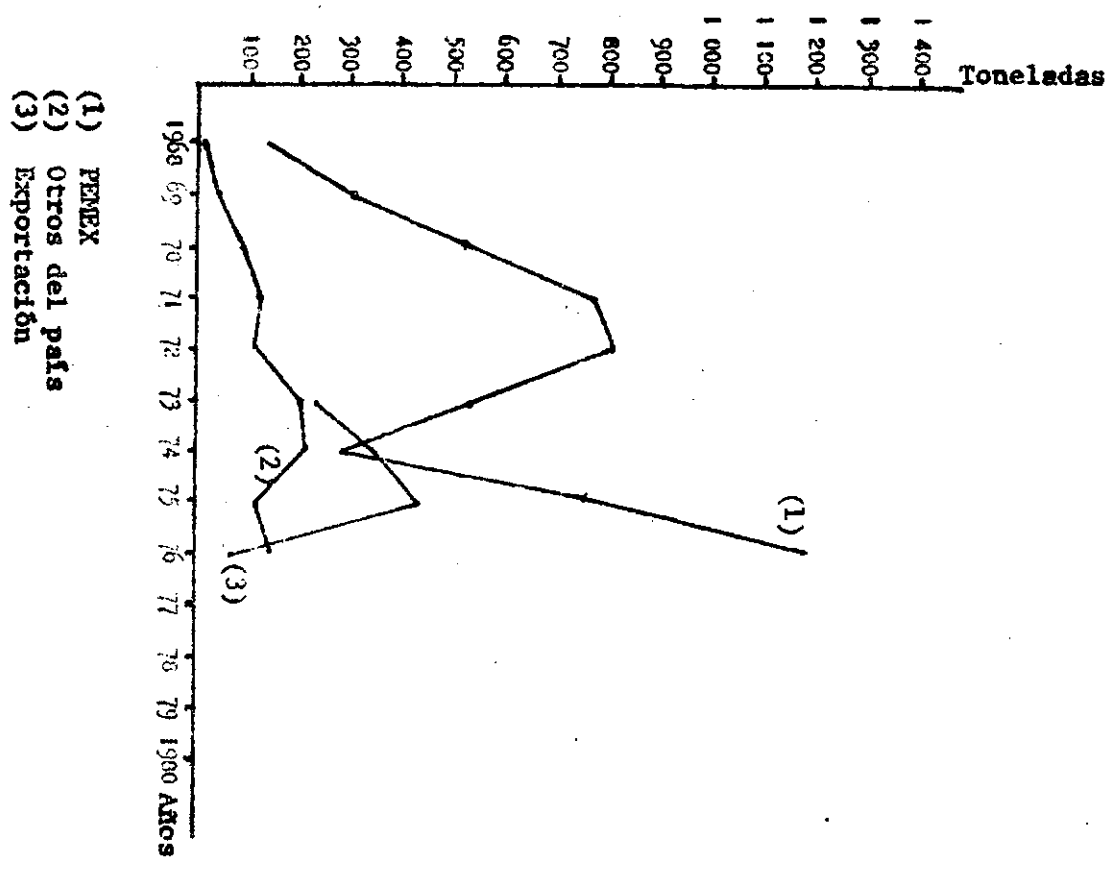
PEMEX: INDICE DE PRECIOS Y PROMEDIOS DE COMPRA



**Gráfico 2**  
**INVENTARIO PEMEX DE FURFURAL**



**Gráfico 3**  
**VENTAS DE FYDSA**



(Como va)

Como ya se ha mencionado, existe un solo productor de furfural en México, lo que podría llevar a suponer la existencia de un monopolio que se reflejara en el mecanismo de determinación de los precios. Sin embargo, esta situación no se ha presentado debido a que prácticamente existe un solo comprador (PEMEX) que ha absorbido en promedio el 75% de las ventas totales de FYDSA, por lo cual el mercado presenta características de monopolio bilateral que hacen que el precio del furfural se determine por el poder relativo de negociación de las partes. Para los otros consumidores marginales del país, el precio de venta del producto ha sido mayor que el otorgado a PEMEX y se mueve en un rango en función del volumen que cada consumidor adquiera. En este submercado el poder monopólico de FYDSA sí ha sido ejercido.

Algunos de los elementos que participan en la determinación del precio a negociar entre FYDSA y PEMEX son los siguientes:

i) Costo de producción. Un factor que FYDSA presenta a PEMEX para la revisión del precio del furfural es el del costo de producción que tiene, en base al cual PEMEX le autoriza (a partir de 1975) un aumento en el precio del producto por incrementos comprobados en el costo de producción (precio de las materias primas, mano de obra, etc.).

ii) Programas de compra. La presentación por parte de PEMEX y el cumplimiento de un programa de compras es un factor que afecta de manera muy importante las políticas y acciones a seguir así como los niveles de producción y las ventas al exterior de FYDSA, por lo cual es un elemento muy importante en el mecanismo de negociación del precio de venta.

iii) Disposiciones legales acerca de las condiciones para autorizar la exportación y la importación del producto.

iv) La necesidad de parte de PEMEX de adquirir el producto, ya que no existen sustitutos de furfural para el proceso y equipo utilizado por dicha empresa. (Esto hace que la demanda sea más inelástica).

v) El posible mantenimiento de inventarios de furfural por parte de PEMEX.

vi) Plazo y condiciones de pago del furfural vendido.

/vii) El carácter

vii) El carácter monopolista de FYDSA en México (monopolio en la producción).

viii) La existencia de prácticamente un solo comprador de furfural en el país (monopolio en el consumo).

Los elementos de la negociación del precio se encuentran interrelacionados y vinculados entre sí, por lo cual sólo analizaremos los que consideramos han jugado un papel muy importante. En las líneas siguientes hablaremos de la importancia de las disposiciones legales para la importación y exportación y los programas de compra de PEMEX.

Disposiciones legales para la importación y exportación de furfural.

Siendo el objetivo primordial de esta ley el fortalecer empresas que sustituyan importaciones, sobre todo para el arranque y puesta en marcha de las operaciones encontramos que, paradójicamente, esta ley ha tenido implicaciones contrarias para FYDSA (a partir de 1974) importantes de analizar: a) los consumidores extranjeros comprarían cantidades considerables del furfural de FYDSA, siempre y cuando esta última se comprometiera a surtir volúmenes del producto en cantidades y periodicidad especificadas por los compradores. Esto último no puede ser cumplido por FYDSA sin satisfacer primero la demanda nacional. (Los requisitos de los consumidores podrían ser llenados si PEMEX presentara y cumpliera con un programa de compras por el cual se guiara FYDSA.) b) FYDSA podría calcular las cantidades máximas mensuales demandadas por PEMEX manteniendo en inventario las diferencias entre las cantidades reales compradas y las cantidades estimadas, pero esto equivaldría al mantenimiento de un stock de capital sin utilización que en ocasiones podría ser muy alto para las condiciones económicas de la empresa.

Programas de compras. En el punto anterior hacíamos referencia al importante papel que juega este punto en la negociación. A la fecha PEMEX sólo ha presentado dichos programas en algunos años y cuando lo ha hecho no se ha cumplido lo programado. (Hasta el mes de mayo de 1977 no se había presentado aún el programa de compras de ese año.)

Monopolio en el consumo doméstico de furfural. La importancia de PEMEX como principal comprador de furfural en México se manifiesta en el cuadro 11

Cuadro 11

**IMPORTANCIA DE PEMEX COMO PRINCIPAL COMPRADOR DE  
FURFURAL EN MEXICO, 1968 A 1976**

(Toneladas)

	Ventas totales de FYDSA	Ventas a PEMEX	Porcentaje
1968	146 000	140.0	95.90
1969	338 200	301.0	89.00
1970	651 457	563.0	86.40
1971	898 613	772.0	85.91
1972	916 770	806.0	87.92
1973	950 209	525.0	55.25
1974	843 412	280.5	33.26
1975	1 299 424	750.0	57.72
1976	1 398.707	1 193.0	85.29

**Fuente:** Furfural y Derivados, S. A.

Esta situación ha influido directamente en la empresa, ya que ha llevado a crear una situación de dependencia muy grande de FYDSA respecto de PEMEX.

Tomando en cuenta estos elementos de la negociación FYDSA-PEMEX se llega a la determinación del precio de venta, lo cual analizaremos a continuación empleando varias formas de enfocar el tema:

1) Existe una disposición legal contenida en los llamados "Programas de fabricación", en donde se autoriza la venta del producto en el país a un precio máximo del 25% sobre el "precio internacional". En nuestro intento de efectuar la prueba para ver si FYDSA ha hecho uso de este instrumento legal, nos encontramos que no existe un solo precio internacional sino que hay una variedad de precios internacionales que se mueven en un rango determinado por la empresa Quaker Oats, Co. (mayor productora de furfural en el mundo y monopolista en Estados Unidos) en base a las cantidades compradas en ese momento y en fechas pasadas. Para el estudio de este tema consideramos dos puntos: a) el precio internacional mínimo dentro del rango de

/precios

precios observados, y b) el precio conseguido por PEMEX en sus compras del exterior. Este último precio coincidió con el internacional mínimo en los primeros años de nuestro estudio (1968-1971) por ser PEMEX muy buen cliente de Quaker Oats Co., pero al empezar FYDSA a proveer con mayores cantidades de furfural a PEMEX, éste ya no pudo conseguir el precio internacional mínimo.

2) El precio "nominal" del furfural vendido por FYDSA a PEMEX.

3) El precio "real" del furfural vendido por FYDSA a PEMEX. La diferencia entre el precio nominal y el precio real es debida a que las ventas hechas a PEMEX no son de contado sino a plazo. Hasta 1971 Union Carbide, S. A. aparecía como el vendedor de furfural a PEMEX en lugar de FYDSA; esto se debió a que FYDSA no tenía recursos económicos suficientes como para financiar a PEMEX durante el plazo nominal de pago, que era estipulado en tres meses, menos aún si consideramos que el plazo real de pago era en promedio de siete meses. Por lo tanto, FYDSA recurrió a Union Carbide, S. A. quien le descontaba un 10% del valor de las ventas pero le pagaba de inmediato. Al no ser transferibles los documentos de pago de PEMEX ni aceptados por bancos oficiales o privados, tenía que aparecer Union Carbide, S. A. como el vendedor ante PEMEX.

Después de 1973 aparece FYDSA como el vendedor de furfural ante PEMEX. En el período 1973-1976 la diferencia entre el precio nominal y el precio real es debida al porcentaje de financiamiento que se requirió, dependiendo del tiempo que había tomado el cobro de los documentos de pago. (Véase el cuadro 12.)

4. En el cuadro 13 presentamos también el análisis de la situación considerando el precio real pagado por PEMEX a FYDSA (columna 1), y el precio real promedio pagado por PEMEX en sus compras del exterior (columna 2) el cual incluye un 20% más sobre el precio nominal por concepto de fletes, seguros, impuestos a la importación, etc.



Cuadro 12

## PRECIOS DE FURFURAL PAGADOS POR PEMEX, 1968 A 1976

(Pesos/kilogramos)

	Precios				(4-1)	(4-2)	(3-1)	(3-2)
	Normal pagado a FYDSA (1)	Real pagado a FYDSA (2)	Internacional mínimo + 25% (3)	Internacional conseguido p/PEMEX + 25% (4)				
1968	6.00	5.40	5.00	5.00	-1.00	-0.40	-1.00	0.40
1969	6.00	5.40	5.50	5.50	-0.50	0.10	-0.50	0.10
1970	6.00	5.40	5.50	5.50	-0.50	0.10	-0.50	0.10
1971	6.00	5.40	5.68	5.68	-0.32	0.28	-0.32	0.28
1972	7.00	6.30	6.02	-	-	-	-0.98	-0.28
1973	7.00	6.30	6.46	-	-	-	0.54	0.16
1974	12.25	12.00	13.43	19.19	6.94	7.19	1.18	1.43
1975	16.46	16.13	16.18	22.14	5.68	6.01	-0.28	0.05
1976	16.95	16.61	29.75	38.98	22.03	22.37	12.80	13.14

Fuentes: Columnas 1 y 2: FYDSA; columna 3, Stanford Research Inst. y columna 4, Estudio de la Secretaría de la Presidencia.

Cuadro 13

**PRECIOS PROMEDIO REALES PAGADOS POR PEMEX A FYDSA  
Y AL EXTERIOR, 1968 A 1976**

(Pesos/kilogramos)

	Pagado por PEMEX a FYDSA (1)	Pagado por PEMEX en el exterior (2)
1968	5.40	4.80
1969	5.40	5.28
1970	5.40	5.28
1971	5.40	5.46
1972	6.30	No hubo importación
1973	6.30	No hubo importación
1974	12.00	18.94
1975	16.13	21.26
1976	16.61	37.41 <sup>a/</sup>

**Fuente:** Columna 1: FYDSA y columna 2: Estudio de la Secretaría de la Presidencia.

**a/** Precio que PEMEX tendría que pagar a partir del 1 de noviembre de 1976, a razón de 22.00 dólares; no hay datos de importación para 1976.

Los resultados del cuadro 12 nos indican que únicamente en 1968 el precio de FYDSA estuvo sobre el precio máximo que permite la ley (columna 6), pero que los demás años ha estado por debajo de ese límite, lo que demuestra que FYDSA no ha hecho uso de este instrumento legal que le hubiera beneficiado. Si tomamos en cuenta el precio nominal pagado a FYDSA y lo comparamos con la columna 4, el precio nominal pagado a FYDSA fue mayor hasta 1971, pero en los últimos años se ha presentado la situación contraria.

Observando el cuadro 13 se puede apreciar que el precio real pagado a FYDSA fue mayor que el precio real promedio pagado al extranjero por una cantidad muy pequeña en el período 1968-1970, pero a partir de ese año la situación se invierte y FYDSA recibe un precio real menor que el otorgado a proveedores internacionales, con una diferencia muy significativa sobre todo en los últimos años.

/Por el

Por el análisis anterior podemos concluir que a pesar de existir teóricamente un monopolio bilateral, la relación de fuerza o poder de negociación ha estado inclinada a favor de PEMEX. Esta relación FYDSA-PEMEX ha impedido que la empresa estudiada cuente con los recursos económicos necesarios para el desarrollo de más investigación y para invertir en mejoras y renovación de equipo, provocando que el personal trabaje con equipo cada vez más deteriorado que presenta problemas continuos. Si a esto sumamos el hecho de que PEMEX planea construir (en sociedad con otras empresas) una planta productora de furfural en Tres Valles, Veracruz, los estímulos para invertir de parte de FYDSA no son muy claros, ya que perdería a su mayor cliente y tendría una incertidumbre más elevada al depender completamente del extranjero para la venta del producto.

d) Perspectivas sobre el consumo de furfural

El mercado comercial más grande del furfural en los Estados Unidos consiste en su utilización para elaborar alcohol furfurílico, elemento principal en la preparación de resinas furánicas, por lo cual el crecimiento del consumo de furfural dependerá en forma muy importante de lo que suceda con el alcohol furfurílico.

El alcohol furfurílico ha sido insuficiente para satisfacer la demanda debido a que la empresa Quaker Oats, único productor de furfural y de alcohol furfurílico en los Estados Unidos, proporcionaba para la venta solamente el 17% del furfural que producía (promedio 1974),<sup>3/</sup> exportando el 40% y consumiendo internamente para la fabricación de alcohol furfurílico y tetrahidrofurano el restante 43%. Considerando un 100% de rendimiento teórico, es necesario consumir un kilo de furfural para obtener 1.02 kilos de alcohol furfurílico; con estas condiciones se provocó un problema importante en el suministro de alcohol furfurílico, motivando que las resinas furánicas estén siendo desplazadas por otros materiales sustitutos (polímero de alquil-isocianato, fenol-isocianato, etc.), lo cual

<sup>3/</sup> Stanford Research Institute, Menlo Park, California, U.S.A.

afecta el consumo de alcohol furfurílico y éste a su vez el de furfural, el que se estima tendrá un crecimiento anual del 1%.

La posibilidad de producción de alcohol furfurílico de parte de otras empresas para competir con Quaker Oats se ve seriamente limitada por la necesidad de obtener inicialmente furfural y en segundo lugar competir con el monopolista del mercado estadounidense en cuanto al precio del alcohol furfurílico, ya que este último mantiene una diferencia mínima entre el precio del furfural y el precio del alcohol furfurílico (4 centavos de dólar en 1975). Con el objeto de preservar su condición en el mercado tampoco ofrece en venta la tecnología para la obtención de los productos que elabora, impidiendo además efectuar gastos en investigación propia tendientes a la obtención de tecnologías alternativas por el margen tan pequeño entre el precio del furfural y del alcohol furfurílico.

Esta breve reseña de las perspectivas sobre el consumo de furfural en los Estados Unidos es importante para el caso de FYDSA por ser ese país su mercado de exportación más importante y cercano, sirviéndonos de introducción para el análisis posterior de las perspectivas de consumo de furfural en México.

De acuerdo con los datos de ventas nacionales, importación y demanda del período 1968-1980, se hizo el cuadro 14 que incluye los datos no concordantes de la importación de PEMEX y la importación nacional total.

Con cualquier alternativa de las proyecciones se estima que la demanda nacional no sufrirá fuertes variaciones debido al principal uso que se le da en México, en donde no se presenta la situación de materiales sustitutos; sin embargo, el panorama podría cambiar si se lograra obtener alcohol furfurílico o si, en los planes de expansión de PEMEX con los importantes descubrimientos de petróleo que se están realizando en el país, se incluyeran nuevas plantas para la refinación de aceite con la tecnología que emplea furfural.

## Cuadro 14

VENTAS NACIONALES, IMPORTACION Y DEMANDA, 1968 A 1980  
(Toneladas)

	Ventas nacionales	Importación		Demanda nacional	
		(1)	(2)	(1) nacional	(2)
1968	146.0	475	862	621.0	1 008.0
1969	338.2	682		1 020.2	
1970	651.5	625	835	1 276.5	1 486.5
1971	898.6	196		1 034.6	
1972	916.8	-		916.8	
1973	720.2	45			
1974	796.4	539		1 035.4	
1975	866.4	496		1 382.4	
1976	1 330.0	100 <sup>(E)</sup>		1 430.0	
1977				1 351.2	1 253.5
1978				1 410.7	1 280.2
1979				1 470.2	1 306.9
1980				1 529.7	1 333.6

**Fuente:** FYDSA y Anuarios de Comercio. Secretaría de Industria y Comercio.  
a/ Se presentan dos extrapolaciones por las diferencias en las cifras de consumo para 1968 y 1970, dependiendo de la fuente de información.

e) Barreras a la entrada de nuevas empresas

1) Barreras relativas al mercado. El crecimiento de una industria o la fabricación de nuevos productos normalmente ofrece oportunidades para la instalación de nuevas empresas.

En el caso del furfural en México, dentro del uso principal que se le da, se puede decir que no ha habido un aumento en su consumo desde 1970; esta situación se comprueba con información recabada en el sentido de que PEMEX cuenta únicamente con dos plantas para tratamiento de lubricantes por

medio de furfural, de las cuales la más reciente fue construida en el año de 1968 (inicio de operaciones de FYDSA), no habiendo hasta la fecha ninguna modificación en la capacidad nominal de la planta, que en conjunto es de 17 400 barriles por día. Este factor de mercado seguramente ha sido una barrera para la entrada de nuevas empresas en este sector, pero consideramos que también hay otros factores que han intervenido, entre los que se cuenta la tecnología.

ii) Barreras relativas a la tecnología. La obtención industrial o comercial de un producto siempre ha sido precedida de una fase de obtención a nivel de laboratorio.

El salto requerido para pasar de la fase de laboratorio a la producción comercial es sumamente complicado, siendo aquí en donde se quedan la mayoría de los intentos para el desarrollo de tecnologías; para muchos productos existe la suficiente información publicada que permite su obtención a nivel de laboratorio (como es el caso del furfural), pero su producción a escala industrial, con rentabilidad económica, en muchos casos no ha sido alcanzada. Esta limitación para el desarrollo de tecnologías impide prácticamente que las empresas tengan sus propias tecnologías, lo cual se convierte en una barrera menor o mayor para la entrada de las empresas a los sectores correspondientes. El que esa barrera sea menor o mayor depende de la disponibilidad en la adquisición de la tecnología. En este renglón se tiene que la disponibilidad de tecnología para el caso del furfural no ha sido muy amplia, ya que la más importante, de acuerdo con el volumen de producción (Quaker Oats, Co.) no está a la venta, además de que tecnologías desarrolladas para producir grandes volúmenes resultan no ser adecuadas para mercados pequeños como el de México. También se estima que el costo de instalación de plantas que usen otro proceso distinto al empleado por FYDSA es más elevado debido principalmente a que el equipo utilizado por esta última es más sencillo, lo que origina que la inversión en equipo sea relativamente menor.

Actualmente, la tecnología desarrollada por De Alba contiene una serie de cambios y mejoras derivados de la operación de FYDSA, los cuales han propiciado ventas de la tecnología en los países de la región.

/Después

Después de haber mencionado algunas de las barreras más importantes para la entrada de nuevas empresas a la producción de furfural, pasaremos, en el siguiente apartado, a la formulación teórica de lo que suponemos podría ser el comportamiento tecnológico de las empresas, dependiendo de su tamaño y recursos relativos.

#### 4. Comportamiento tecnológico de la empresa

La capacidad económica de las empresas determina, en gran parte, la conducta tecnológica que cada una de ellas sigue.

Es un hecho que la empresa pequeña, con problemas de disposición de recursos económicos propios y de acceso a las fuentes de financiamiento externo para la compra de tecnología, equipo y asesoría, y para resolver los problemas que se le presentan en cuanto a equipo y maquinaria por fallas en el funcionamiento, obsolescencia, etc., tenga que realizar trabajos de innovación que permitan seguir operando con los equipos y maquinaria dentro de rangos de eficiencia cada vez mejores, con personal humano propio y, en muchas ocasiones, con creación de equipo. Esta situación es la que permite que se genere en la empresa un gran esfuerzo innovativo en relación a los recursos de que dispone.

La limitación de recursos económicos le impide a la empresa pequeña, en muchas ocasiones, la compra del equipo más moderno y el uso de asesoría en la planta, por lo cual se ve obligada a realizar innovaciones en creación de equipo (frecuentemente el equipo existente en el mercado es para volúmenes de producción más grandes), o en adaptaciones y mejoras de equipos obsoletos con su propio personal, lo cual requiere de esfuerzos innovativos importantes.

La empresa mediana, al tener una mejor situación económica propia y mayor disponibilidad y acceso a fuentes de financiamiento externas a la empresa, generalmente opta por comprar equipo nuevo y recibir asesoría externa, con intervención sólo parcial del personal propio.

Comparativamente, tomando en cuenta los recursos humanos y económicos de la empresa mediana y la empresa muy pequeña, creemos que el esfuerzo innovativo de éstas últimas es mayor.

Otra característica de diferente comportamiento tecnológico entre empresas la encontramos en algunas especificaciones del proceso. Creemos que existe un volumen mucho mayor de experiencias de cambio tecnológico en procesos de producción discretos o semicontinuos, ya que las pruebas o investigaciones que se realicen en una sección no afectan las otras secciones; en cambio, con un proceso continuo, el parar afecta toda la producción y cualquier variación afecta todo el proceso, haciendo más difícil la generación de cambios tecnológicos usando las instalaciones de la planta. (El costo de la innovación es mayor.)

El caso de FYDSA queda contemplado perfectamente dentro del comportamiento de la empresa pequeña, con un proceso semicontinuo, ya que toda la actividad innovativa ahí presente se ha derivado de una urgente necesidad de seguir produciendo bajo extremas condiciones de trabajo.

#### 5. Instrumentos de política tecnológica

Existe en el país toda una serie de instrumentos de política gubernamental que gira alrededor del aspecto tecnológico; sin embargo, ninguno de ellos ha sido orientador de las actividades de FYDSA.

En el presente apartado se tomarán los instrumentos utilizados por Furfural y Derivados, S. A., siguiendo los lineamientos de orden representados en el trabajo de Alejandro Nadal sobre los Instrumentos de política científica y tecnológica en México (1976).<sup>4/</sup>

##### a) Instrumentos de fomento científico y tecnológico

De los contenidos en este punto, el inventor sólo ha hecho uso del referente a la propiedad industrial que está relacionado con la actividad de patentamiento.

<sup>4/</sup> Alejandro Nadal, Instrumentos de política científica y tecnológica en México, El Colegio de México, 1976. En su clasificación utiliza instrumentos de política científica, tecnológica e industrial, ya que su objetivo es analizar en forma colectiva los efectos de los instrumentos explícitos e implícitos de política científica y tecnológica que afectan las decisiones empresariales sobre tecnología.



A partir de 1974, el Sr. De Alba inicia los trámites para patentar su tecnología, quedando el trámite bajo las disposiciones de la ley emitida por el gobierno mexicano el 10 de febrero de 1976 concerniente a la propiedad industrial. Esta Ley de Invenciones y Marcas sustituye a la Ley de Propiedad Industrial que había estado vigente desde 1942, estableciéndose que no se concederán derechos de patentes sobre los productos químicos y los procedimientos para la obtención de los mismos (como en el caso del Sr. De Alba), pudiendo solicitarse un certificado de invención.

El Sr. De Alba inicia los trámites de su invención siete años después de tenerla en uso en FYCSA por considerar que se guardaría mejor el secreto al no patentar y toma la decisión del registro cuando sienta el temor de la aparición en el mercado de una tecnología competitiva, en desarrollo por el Instituto Mexicano del Petróleo, y por dar más prestigio a su tecnología respaldada por una patente para la venta de la misma a otros países (inicia los trámites del registro el mismo año en que vende la tecnología a Brasil).

Creemos importante analizar algunas consideraciones acerca del tema sobre patentes. Generalmente, se ha utilizado a la generación de patentes como una medida de la actividad innovativa de un país. Sin embargo, a partir de algunos estudios empíricos recientes, se ha encontrado que los empresarios o inventores independientes se han percatado de que, paradójicamente, se protege más su invención no patentándola o posponen su patentamiento hasta el momento en que sienten el temor de la aparición en el mercado de alguna innovación competitiva. Esta situación ha sido generada por el hecho de que la tecnología es un bien difícil de generar pero relativamente fácil de reproducir, por lo cual, el proporcionar la información precisa y completa requerida por la ley para el registro de la patente, puede llevar al desarrollo de tecnologías un poco diferentes a la original pero sustancialmente iguales, ya que existen muchos caminos para llegar a un mismo fin. Por otro lado, la patente o el certificado de invención protegen al inventor por un período de 10 años, llevando al inventor a retrasar al máximo la solicitud de registro en cuestión hasta el momento en que lo juzgue necesario por razones de darle un prestigio a su descubrimiento para posibles

ventas de la tecnología, o por sentir peligro de perder la exclusividad de su invento por posible aparición de tecnologías similares, o por otras razones.

b) Promoción industrial

Dentro de este grupo se encuentran los siguientes instrumentos:

1. Aranceles y permisos previos de importación;
2. Programas de fabricación;
3. Estímulos fiscales. Decreto de desarrollo y descentralización industrial;
4. Fideicomisos: NAFINSA-Banco de México;
5. CEDIS para exportadores (Certificados de devolución de impuestos indirectos a los exportadores);
6. Centros de capacitación de mano de obra.

De los anteriores instrumentos FYDSA ha hecho uso de todos, a excepción de los Programas de fabricación, según se deriva de lo analizado en el apartado de precios. A continuación veremos algunos de los instrumentos anteriores.

1. Aranceles y permisos previos de importación. Según lo publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 10 y 13 de enero de 1972 se establece que, con vigencia de tres años a partir de esa fecha, se requerirá de permiso previo para la importación y exportación de furfural bidestilado (cierre de fronteras congruente con la política de sustitución de importaciones).

3. Estímulos fiscales. FYDSA ha hecho uso de los incentivos fiscales siguientes: (por un periodo de 10 años a partir del 31 de agosto de 1967)

- a) Exención de impuestos estatales;
- b) Exención de impuestos municipales;
- c) Exención de impuestos sobre industria y comercio;
- d) Exención de impuestos de predial y traslado de dominio.

4. Fideicomisos. NAFINSA le otorga un préstamo para la segunda ampliación de la capacidad de producción por un monto de 3 700 000 pesos.

5. CEDIS.

5. CEDIS.<sup>5/</sup> Este estímulo a la exportación lo han utilizado desde su primera exportación realizada a Brasil en 1973.

6. Centros de capacitación de mano de obra. En forma muy incipiente se ha hecho uso de este beneficio, ya que sólo se han enviado cuatro personas para entrenamiento. (Dos de ellos en cursos sobre operación de calderas, otro en soldadura y el último sobre el manejo y reparación de equipo eléctrico.)

c) Financiamiento del gasto público

Dentro de este grupo la empresa se vio beneficiada de la exención (por un período de siete años a partir de julio de 1969) de los siguientes impuestos otorgados por la Ley de Fomento de Industrias Nuevas y Necesarias:

1. Impuestos generales de importación del timbre;
2. Impuestos sobre ingresos mercantiles;
3. Deducción del 4% en el impuesto sobre la renta.

Estos han sido los instrumentos de política tecnológica que FYDSA ha recibido para su estímulo y aprovechamiento. Sin embargo, como ya lo mencionamos previamente, ninguno de ellos ha sido orientador de las actividades de desarrollo tecnológico de la empresa.

5/ A partir de 1971 opera el sistema de devolución de impuestos indirectos (el más importante de ellos es el impuesto sobre ingresos mercantiles) a los exportadores de mercancías, personas físicas mexicanas o empresas con capital mexicano mayoritario. Se puede pagar la totalidad de la tasa impositiva con CEDIS si el producto exportado tiene un contenido nacional superior al 60% y hasta la mitad de dicha tasa cuando el contenido nacional fluctúa entre 50% y 59%. Desde 1973 se otorgan CEDIS a los exportadores de tecnología y servicios de construcción, operación y administración, siendo el valor de los servicios estipulado en el contrato la base para la devolución, la cual será del 100% si el componente mexicano en el contrato es 50% o más, y de 50% si dicho componente es menor del 50% pero mayor del 40%.

6. Relación con el sistema científico y tecnológico del país

En el país se cuenta con una serie de instituciones que tienen la suficiente capacidad como para prestar servicios de apoyo a la industria para la solución de los problemas técnicos que afectan a las empresas, siendo éstos los siguientes:

- a) Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas
- b) Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial
- c) Instituto Mexicano del Petróleo
- d) Universidad Nacional Autónoma de México (Plantales de Ciudad Universitaria, Zaragoza y Cuautitlán).
- e) Instituto Politécnico Nacional
- f) Universidad Iberoamericana
- g) Tecnológico de Monterrey
- h) Universidad Autónoma de Guadalajara
- i) Tecnológicos regionales (Celaya y Saltillo, principalmente)
- j) INFOTEC (CONACYT).

Todos estos centros de investigación y desarrollo experimental cuentan con instalaciones adecuadas para prestar servicios a la industria.

Sin embargo, FYDSA nunca se acercó a ninguno de ellos por las siguientes razones:

- a) Consideran que el contratar a algún centro de IDE los obligaría a pasar información muy importante que permitiría la duplicación del "know-how" y del proceso en general desarrollado por ellos.
- b) Estiman que el pago por contratar los servicios de algún centro sería muy elevado, sobre todo por la situación económica de la empresa.
- c) Desconocen cuáles centros les pueden auxiliar, cómo es el mecanismo (si es que existe) de contratación de servicio, cómo son las condiciones de trabajo de esos centros, etc.<sup>6/</sup>

---

<sup>6/</sup> Este inciso se contradice con el anterior, ya que si desconocen cuáles centros les pueden auxiliar, cómo es que consideran que el precio por los servicios es muy elevado.

d) Desconfían

d) Desconfían de la capacidad de los centros para la resolución de los problemas de FYDSA, pues plantean que ellos son los más capacitados para resolver los problemas que la afectan por conocer profundamente el proceso, equipos, etc.

Resumiendo, no existe ningún contacto entre la empresa y el sistema científico y tecnológico del país por todas las causas ya mencionadas; tampoco se ha podido implementar un mecanismo adecuado que ponga en contacto a estos centros de Investigación y Desarrollo Experimental (IDE), sobre todo con las pequeñas y medianas industrias a las que efectivamente pueden auxiliar con beneficios para ambos grupos.

Habiendo analizado algunas de las variables que forman el marco general en el que se desenvuelve la empresa y sus relaciones con la generación interna de innovaciones, pasaremos a hablar, en el último capítulo de este estudio, del análisis de la productividad y cambio tecnológico, tema central de la investigación.

## V. CAMBIO TECNOLÓGICO

En este capítulo se analizarán algunas variables íntimamente relacionadas con la conceptualización, medición y efectos de la generación de conocimientos tecnológicos.

La primera parte del capítulo se destina a la descripción del proceso creado por el dueño de FYDSA y de otros procesos existentes, así como una evaluación del proceso del Sr. De Alba con otro proceso finlandés.

Las secciones subsiguientes se destinan al estudio, análisis y medición de algunas variables que caracterizan el cambio tecnológico de la empresa.

En la segunda parte se describe el equipo y el origen del mismo.

Las experiencias de transferencia de tecnología son descritas y analizadas en la tercera parte.

En la cuarta parte se habla de la necesidad de usar un concepto más amplio de cambio tecnológico que nos permita estudiar más dimensiones del fenómeno de innovación que la generalmente usada de ahorro en costos. Consideramos que en la empresa hay un gran cúmulo de actividades innovativas, además de las que se ven reflejadas en la productividad que representan gran dificultad de medición pero que deben ser identificadas y analizadas. Con una descripción y análisis de estas innovaciones se termina esta sección.

Con la intención de obtener una medición de la productividad se estudia, en la quinta parte del capítulo, la relación técnica entre insumo-producto, o sea la función de producción de FYDSA utilizando varios métodos de medición en los insumos y cambiando el período de tiempo en el análisis.

En la sexta parte se mide la capacidad (y sus variaciones) de producción real de la empresa, utilizando una estimación propia.

En la séptima parte se calcula y analiza la productividad global de la empresa utilizando una diversa gama de métodos para su estimación, así como la relación de la productividad con otras variables.

La productividad de cada uno de los factores de producción es cuantificada y analizada utilizando varios métodos para su medición.

/Se analiza

Se analiza la decisión de invertir y la relación inversión-productividad, productividad-demanda, así como de las interacciones y efectos de la creación de la planta de Xicoténcatl sobre el comportamiento de FYDSA.

Se estudia la participación de los factores de producción en el valor de lo producido y de la proporción en que los mismos han sido usados.

La octava parte describe, y analiza el aprendizaje obtenido en FYDSA.

En la novena parte se efectúa un análisis crítico del uso del concepto de economía de escala y se estiman las curvas de costos de la empresa.

En cada una de las partes integrantes de esta sección del estudio se analizan elementos del comportamiento tecnológico dentro de la empresa.

### 1. Procesos para la obtención de furfural

#### a) Descripción de los procesos para la obtención de furfural por FYDSA, Quaker Oats, Co. y por el Proceso Rosenlew. 1/

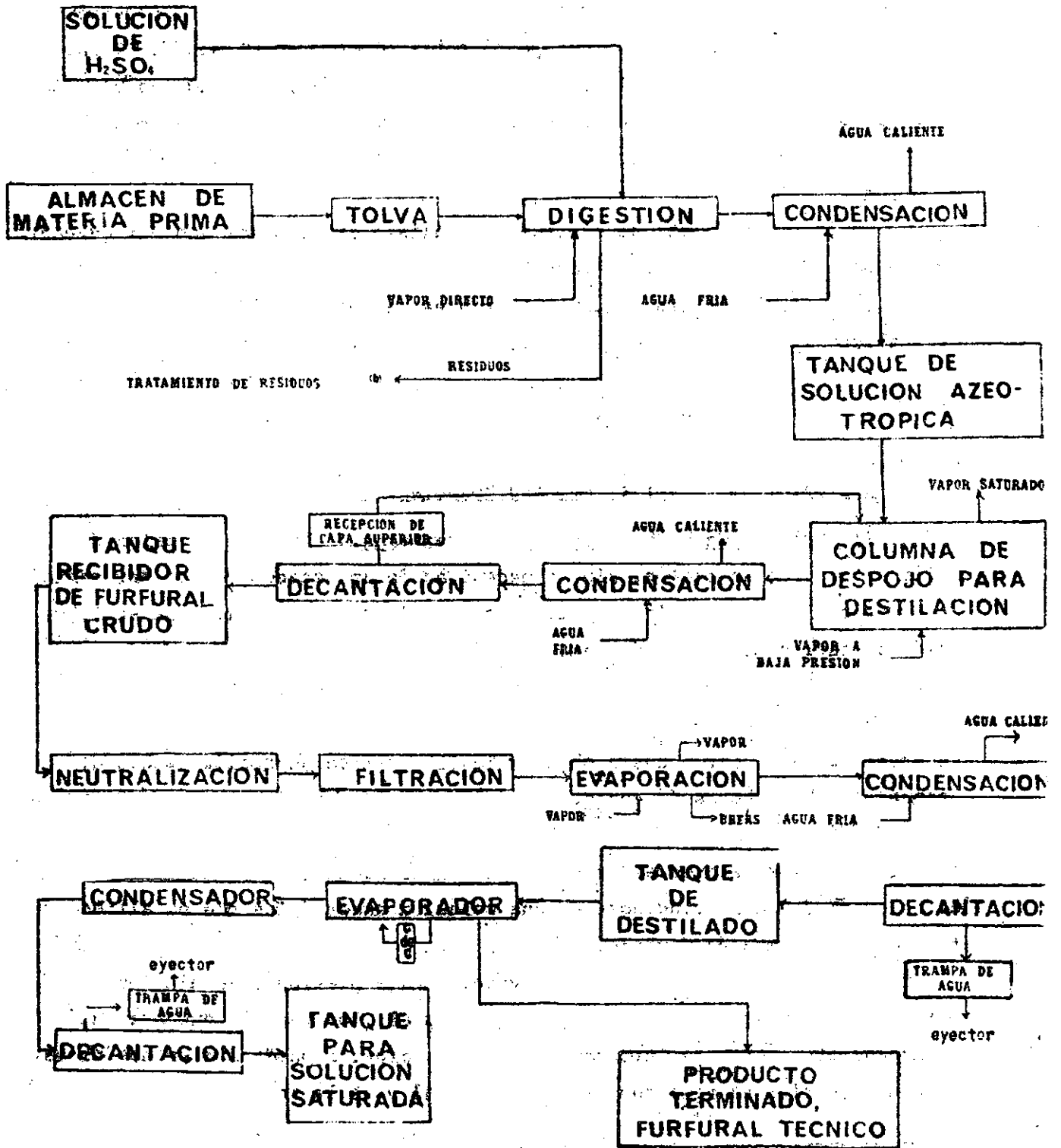
1) Proceso de FYDSA. (Tecnología mexicana.) La materia prima se utiliza tal como se recibe, sin la necesidad de un secado previo; por medio de transportadores mecánicos se carga a los digestores, en los que se trata con ácido sulfúrico diluido o fosfato monobásico de calcio, en caso de que se pretenda utilizar el residuo como fertilizante.

Por medio de un flujo de vapor que se introduce en los digestores, se precalienta la carga hasta obtener la temperatura y presión adecuada; después de 1' 20" horas de reacción, en las que las pentosanas se transforman en furfural, una válvula colocada en la parte superior del digestor permite la salida de los vapores saturados de furfural hacia los intercambiadores de calor en donde se condensan en una solución azeotrópica que es alimentada a una columna de despojo.

En esta columna se introduce vapor a baja presión y se eliminan por la parte superior vapores ricos en furfural, los que se condensan al pasar por otra serie de intercambiadores de calor, separándose en dos capas. La capa superior es agua con algo de furfural y se le recircula hacia la

1/ VII Curso de Formulación y Evaluación de Proyecto. Programa Nacional de Capacitación Tecnoeconómica de la Secretaría de la Presidencia, 1975.

PROCESO FYOSA





columna de despojo. La capa inferior, formada por furfural, impurezas y agua (aproximadamente 8%), se almacena para pasar posteriormente al proceso de purificación que consta de los siguientes pasos:

Primariamente se neutraliza la acidez, ( $\text{pH} = 7$ ) y por destilación al vacío se separan breas de alto punto de ebullición, y posteriormente las cabezas de bajo punto de ebullición formadas principalmente por alcoholes y agua, quedando como producto final el furfural técnico.

ii) Proceso de Quaker Oats, Co. (Estados Unidos) Este proceso para la fabricación de furfural es de un solo paso en el que la materia prima se carga en grandes digestores rotatorios en los que se trata con ácido sulfúrico diluido.

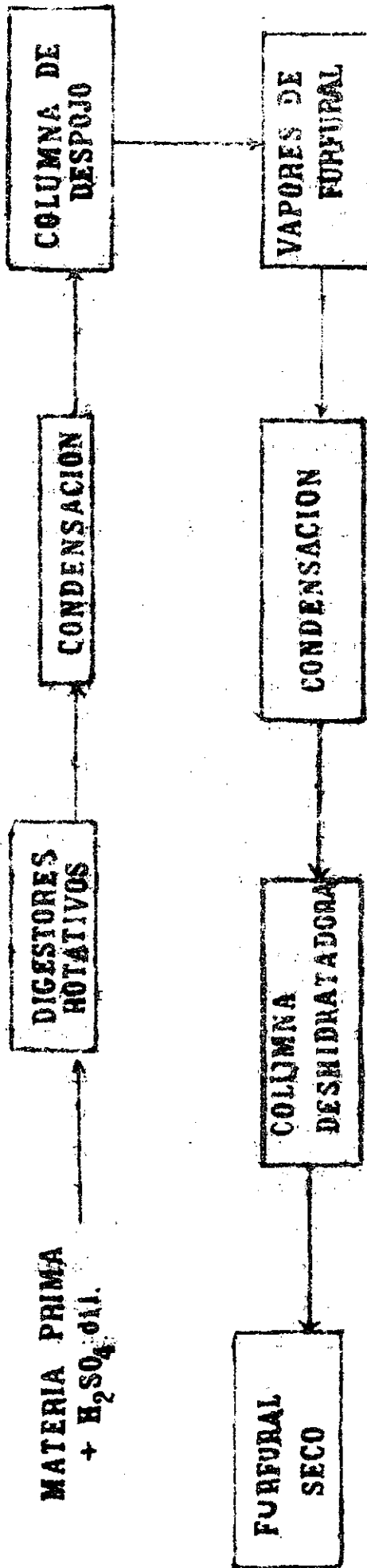
Los digestores giran lentamente mientras un flujo de vapor es introducido hasta obtener la presión y temperaturas deseadas, logrando lo cual se abre la válvula de salida para permitir la remoción del furfural formado, que es arrastrado por la corriente de vapor, lo que se condensa, y el líquido así formado se lleva a una columna de despojo.

Los vapores que salen de esta columna por la parte superior, ricos en furfural, se separan en dos capas, después de condensarse, eliminando una pequeña cantidad de cabezas de bajo punto de ebullición con recuperación de metanol.

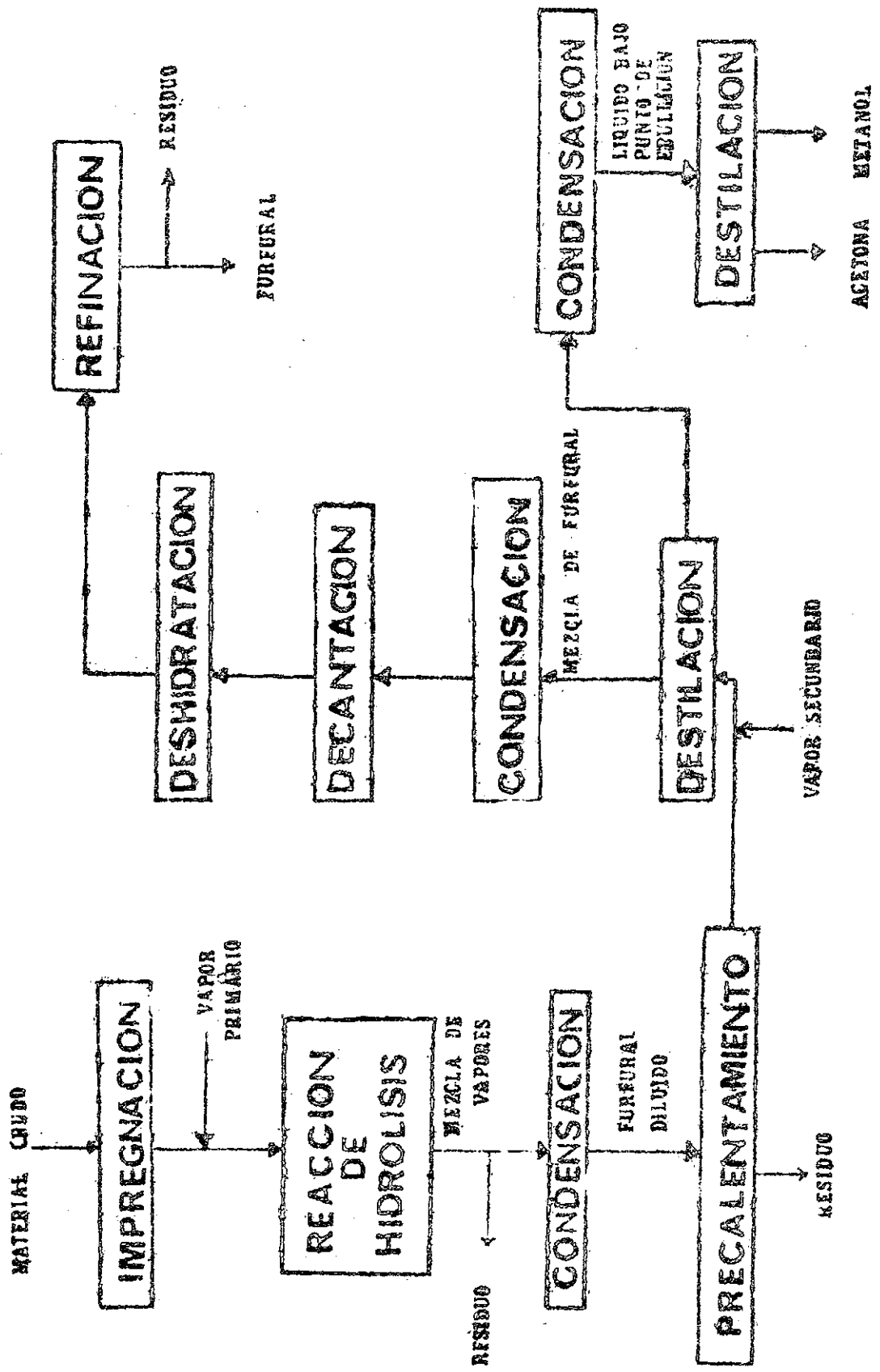
La capa inferior, rica en furfural, se envía a una columna deshidratadora en la que se hace eliminar el contenido de agua (8%), obteniéndose de esta manera el producto final denominado furfural seco.

iii) Proceso Rosenlew. (Tecnología finlandesa) Es este un proceso continuo y autocatalítico, basado fundamentalmente en la utilización de ácidos orgánicos débiles (acético, levulínico, etc.) como catalizadores. Las condiciones óptimas del tiempo de residencia en el reactor permiten controlar los problemas de corrosión e intercrystalización de los aceros, si bien se requieren temperaturas y presiones superiores de operación respecto a aquellos procesos que aplican ácidos fuertes. El uso de ácidos orgánicos débiles en el proceso hace que se requieran cantidades reducidas de sales para la neutralización del  $\text{pH}$ .

# PROCESO QUAKER OATS



# PROCESO ROSENLEW



El diseño considera módulos de 2 500 toneladas anuales de furfural, con las siguientes operaciones unitarias:

1. Alimentación del material
2. Preimpregnación
3. Hidrólisis
4. Tratamiento del residuo
5. Concentración de la solución diluida de furfural
6. Refinación de furfural
7. Separación de subproductos
8. Almacenamiento de los productos.

La materia prima se lleva al preimpregnador, transportándose posteriormente al reactor por medio de un alimentador rotatorio, en donde, mediante una válvula rotativa y una dosificadora, se alimenta en forma continua al reactor, al que se inyecta por el fondo vapor precalentado para efectuar la hidrólisis. El tiempo de permanencia del material crudo en el reactor va de una a dos horas. Durante la hidrólisis se forman, a partir de las hemicelulosas del material, ácido acético y pequeñas cantidades de ácido fórmico. El residuo se aprovecha como combustible de la caldera. De la misma forma que en los dos procesos descritos con anterioridad, se arrastra el furfural por medio del vapor hacia un intercambiador de calor, se condensa y se lleva al tanque para furfural diluido. De este tanque el furfural es llevado hacia la columna de destilación, en contracorriente con vapor secundario inyectado en el fondo de la columna.

En esta fase se rompe el azeótropo formado (35% de furfural, 65% agua en peso), se condensa la solución, se le lleva a unos tanques decantadores donde se inyecta una solución de carbonato de sodio para la neutralización. El líquido recibido en el decantador está formado por dos capas: la superior es agua con 7% de furfural, y la inferior es furfural al 95% aproximadamente. Se separan las capas y la superior (7% de furfural) se recircula al tanque para furfural diluido, mientras que la otra se purifica por destilación al vacío en una columna, se elimina el resto del agua obteniéndose así el furfural puro que es llevado al tanque de almacenamiento.

/La fracción

La fracción de bajo punto de ebullición procedente de la primera destilación pasa a una torre de destilación fraccionada de cuyos vapores, una vez condensados a través de los intercambiadores, se obtiene metanol industrial y acetona técnica. El destilado del fondo, consistente de agua y furfural, se regresa al tanque para furfural diluido.

De la reseña anterior sobre los tres procesos mencionados se puede notar una marcada similitud sobre todo entre procesos de FYDSA y Quaker Oats, Co. La diferencia principal se encuentra en los equipos que cada proceso utiliza. Por ejemplo, los digestores son, en el caso de Quaker Oats, rotatorios, mientras que en el caso de FYDSA éstos son fijos y no requieren de ningún dispositivo de agitación mecánica, como en el caso del Proceso Rosenlew.

Cada una de esas tecnologías es explotada comercialmente, siendo la de Quaker Oats la que alcanza el mayor volumen de producción mundial de furfural.

Se presentan a continuación los cuadros 15 a 17 para cada una de las tecnologías de las plantas que utilizan cada proceso, las materias primas que consumen y la capacidad instalada de cada planta.

Cuadro 15

COMPANIAS PRODUCTORAS DE FURFURAL CON  
TECNOLOGIA DE QUAKER OATS

(Toneladas/año)

Ubicación	Materia prima	Producción
<b>Total</b>		<b>87 000</b>
Cedar Rapids Iowa, Estados Unidos	Cáscara de avena y Olote	9 000
Omaha, Nebraska Estados Unidos	Cáscara de avena y olote	18 000
Memphis Tennessee Estados Unidos	Cáscara de avena y olote	18 000
Bella Glade, Florida, Estados Unidos	Bagazo de caña	32 000
Puerto Rico		-

Cuadro 16

PLANTAS PRODUCTORAS DE FURFURAL CON TECNOLOGIA MEXICANA

(Toneladas/año)

Nombre y localización de la planta	Capacidad instalada	Producción actual	Materia prima
<b>Total</b>	<b>4 150</b>		
Furfural y Derivados, S.A. Irapuato, Gto.	1 585	1 469	Olote de maíz Bagazo de caña Cascarilla de café
Agroquímica Raford Raford Sao Paulo Brasil	2 250		Bagazo de caña

Cuadro 17

PLANTAS PRODUCTORAS DE FURFURAL CON TECNOLOGIA ROSENLEW

(Toneladas/año)

País	Compañía	Capacidad instalada	Materia prima
<b>Total</b>		<b>34 500</b>	
Polonia	Polimex Cekop	5 000	Madera
España	Profursa	8 000	Bagazo de caña, olote de maíz y residuos de la industria aceitunera
Africa del Sur	C.G. Smith & Co. Ltd.	7 500	Bagazo de caña
Filipinas	-	5 000	Bagazo de caña
URSS	-	7 500	Astillas de madera
Finlandia	Oy Rosenlew A B	1 500	Astillas de madera

/Existe

Existe otra tecnología que, por la capacidad de las plantas instaladas que la utilizan, la coloca en el segundo lugar en importancia. Esta tecnología fue desarrollada por la compañía francesa Petrola-Chimie y tiene en conjunto una capacidad instalada de 42 000 toneladas por año, distribuidas de la siguiente manera:

Francia: 6 000, Rusia 18 000, India 6 000 y Bolivia 12 000. Las dos primeras utilizan como materia prima el olote de maíz y las otras dos el bagazo de caña.

Por último, dentro de las tecnologías operadas a nivel industrial, se encuentra la tecnología sueca que opera a partir de astillas de madera, y tanto el proceso como la planta están formados por dos departamentos, uno de hidrólisis y otro de destilación. Esta tecnología pertenece al consorcio American Defibrator.

A nivel planta piloto se encuentran tres tecnologías: una mexicana, una italiana y una rusa. Esta última se ha desarrollado en el Instituto Agrícola de Duepropetrovsk, en colaboración con los trabajadores del complejo industrial de aceites y grasas de la misma población. La mexicana se está desarrollando en el Instituto Mexicano del Petróleo.

A nivel de patentes existen un sinnúmero de éstas, muchas de las cuales han caducado a la fecha; sin embargo, dados los rápidos avances técnicos, son en su mayoría obsoletas.

La tecnología que se encuentra más desarrollada es la de Quaker Oats, según consideraciones generales. Esta tecnología no está a la venta y no es susceptible de ser transferida en alguna forma, lo que seguramente ha intervenido en la difusión del resto de tecnologías en el mundo.

b) Resultados comparativos entre la tecnología finlandesa y la mexicana<sup>2/</sup>

1) Aspectos técnicos. Independientemente de que cada tecnología tenga características propias, es posible comparar algunos elementos técnicos de importancia;

<sup>2/</sup> El análisis de esta sección se basa en la información presentada en el estudio realizado en 1975 por la Secretaría de la Presidencia, El objetivo de dicho estudio era el de evaluar el proyecto de instalación de una planta de furfural en el Estado de Chiapas, México.

a) Rendimiento de furfural:

Tecnología mexicana	11.7%
Tecnología finlandesa	10.8%

b) Requerimientos de insumos:

En el cuadro 18 se presentan los coeficientes técnicos para producir una tonelada de furfural.

Cuadro 18

COEFICIENTES TÉCNICOS CORRESPONDIENTES A LAS  
DOS TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

	<u>Tecnología mexicana</u>		<u>Tecnología finlandesa</u>	
	Consumo	Valor (pesos)	Consumo	Valor (pesos)
<b>Total</b>		<u>3 958</u>		<u>3 464</u>
<b>Materia prima e insumos</b>		<u>3 132</u>		<u>3 260</u>
Olota	8 547.0 kg.	2 991	9 259 kg.	3 241
Acido Sulfúrico	170.0 kg.	114	-	-
Cenizas de Sosa	7.5 kg.	12	4 kg.	7
Sal	50.0 kg.	15	40 kg.	12
<b>Insumos auxiliares</b>		<u>826</u>		<u>174</u>
Agua (m <sup>3</sup> )	250	89	41	14
Combustóleo (litros)	1 826	548	-	-
Energía eléctrica (kWh)	500	104	300	80
Mantenimiento		86	-	80

En el cuadro 19 se presentan los costos unitarios para mano de obra.



Cuadro 19

## COSTOS UNITARIOS PARA MANO DE OBRA

(Pesos)

	Tecnología mexicana	Tecnología finlandesa
<u>Total</u>	<u>529</u>	<u>475</u>
Mano de obra directa	178	169
Mano de obra indirecta	212	171
Mano de obra administrativa	139	135

ii) Aspectos financieros

## a) Inversiones

En el cuadro 20 se presentan los resultados de la comparación de inversiones.

b) En el cuadro 21 aparecen los costos comparativos entre las tecnologías y gráficos del punto de equilibrio para el año 1 y el año 6.

Un factor influyente del monto en el capital de trabajo para la tecnología finlandesa es el volumen de producción (5 000 toneladas por año para la tecnología finlandesa y 4 000 toneladas por año para la de México).

Las principales diferencias que se observan en los costos de equipo se podrían explicar como sigue:

1. Los sueldos y salarios de la mano de obra finlandesa son más caros que la mano de obra mexicana.
2. El equipo es más complejo, ya que se trata de un proceso continuo en el caso de la tecnología de Rosenlew.
3. Incluye un quemador para residuos sólidos, puesto que se auto-abastece de combustible con el bagazo tratado.
4. El monto de la inversión fija se incrementa para la tecnología Rosenlew por los gastos que implica la importación del equipo: fletes y seguros e impuestos de importación.

Para evaluar las dos tecnologías en igualdad de circunstancias, se presenta el punto de equilibrio, evitando acudir a recursos externos.

Cuadro 20

COMPARACION DE INVERSIONES

(Pesos)

	Tecnología mexicana	Tecnología finlandesa
<b>Total</b>	<b>47 269 928</b>	<b>132 075 479</b>
<b>A. Inversión fija</b>	<b>32 220 100</b>	<b>107 266 577</b>
Terreno	30 000	30 000
Obra civil	3 195 100	3 827 741
Equipo <sup>a/</sup>	23 761 000	60 033 812
Montaje e instalación equipo	2 160 000	294 500
Muebles y enseres	113 000	100 000
Fletes y seguros	-	14 768 453
Impuesto de importación	-	18 460 564
Imprevistos	961 000	9 751 507
<b>B. Inversión diferida</b>	<b>8 400 000</b>	<b>17 454 697</b>
Supervisión	-	10 494 346
Estudio de factibilidad	472 399	500 000
Patente y puesta en marcha	6 748 989	6 000 000
Gastos preoperativos	401 011	460 351
Ingeniería de detalle	777 601	-
<b>C. Capital de trabajo</b>	<b>6 649 828</b>	<b>7 354 205</b>
Efectivo	475 748 <sup>b/</sup>	196 902
Materias primas	1 994 300	2 716 100
Producto terminado	3 375 000 <sup>c/</sup>	4 240 890
Materiales de consumo	804 780 <sup>c/</sup>	145 313
Gastos de ventas	-	55 000

<sup>a/</sup> Para la tecnología comprende equipo de proceso, equipo de servicio y auxiliar. Para la tecnología de Finlandia comprende: 1) planta de furfural; 2) planta de vapor; 3) equipo no especificado (tanques de zeolita, torre de enfriamiento y transportador); 4) equipo de servicio (subestación, bombas, báscula), y 5) vehículos.

<sup>b/</sup> Incluye gastos de ventas.

<sup>c/</sup> Incluye materiales y servicios, insumos químicos e inventario de refacciones.

Cuadro 21

## COSTOS COMPARATIVOS

	Tecnología finlandesa				Tecnología mexicana			
	Fijos		Variables		Fijos		Variables	
	Año 1	Año 6	Año 1	Año 6	Año 2	Año 6	Año 2	Año 6
<b>Total</b>	<b>15 312</b>	<b>11 821</b>	<b>17 501</b>	<b>17 501</b>	<b>7 139</b>	<b>5 459</b>	<b>18 083</b>	<b>18 083</b>
<b>Costos de producción</b>	<b>14 401</b>	<b>11 010</b>	<b>17 069</b>	<b>17 069</b>	<b>6 066</b>	<b>4 636</b>	<b>17 858</b>	<b>17 858</b>
Materias primas			16 204	16 204			11 966	11 966
Insumos químicos							564	564
Insumos auxiliares			93	93				
Materiales y servicios			772	772			5 328	5 328
Mano de obra directa	677	677			711	711		
Mano de obra indirecta	683	683			846	846		
Depreciaciones	8 577	8 577			2 762	2 762		
Amortizaciones	3 391	-			1 430			
Seguros	1 073	1 073			317	317		
<b>Gastos de administración</b>	<b>911</b>	<b>811</b>			<b>1 073</b>	<b>823</b>		
Sueldos y prestaciones	540	540			555	555		
Depreciaciones	55	55			24	24		
Amortizaciones	100	-			250	-		
Gastos generales	216	216			244	244		
Gastos de ventas			432	432			225	225

/Los gráficos

Los gráficos 4 y 5 nos muestran el punto de equilibrio sin considerar financiamiento, es decir, si el proyecto se implementara con recursos propios.

La línea de ingresos es la misma porque se trabaja con el mismo precio del producto.

En el primer año productivo del proyecto con tecnología finlandesa el punto de equilibrio se obtiene al trabajar la planta al 44.5% de la capacidad de producción. Cuando se utiliza la tecnología mexicana, el punto de equilibrio se logra al 24% del volumen de producción, en el segundo año de vida productiva.

Para el sexto año de producción, con tecnologías finlandesa y mexicana, la empresa se mantiene sin pérdidas al producir el 31.3% y el 20.87% de la producción, respectivamente.

Analizando las gráficas se ve que la diferencia entre las líneas de costos totales es casi constante; esto se debe a las variaciones en los costos fijos, los cuales están afectados por la inversión fija que incluye los gastos de importación y de fletes de maquinaria.

Es notoria la inclinación de la balanza a favor de la tecnología mexicana, debido en parte a que el estudio realizado por la mencionada Secretaría de la Presidencia tenía por objetivo colocar en el país otra planta productora de furfural. En ese estudio se presentaba el hecho de que los equipos requeridos por la tecnología mexicana serían de fabricación totalmente nacional, mientras que en el caso de la tecnología finlandesa se debería traer todo el equipo desde Finlandia, por ser una planta paquete la que se ofrecía. Puntos como éste hacen atractiva la tecnología mexicana, más aún porque el porcentaje de rendimiento de esta tecnología es mayor (11.7% contra 10.8%), respecto del de la finlandesa.

Después de haber descrito las principales características de los procesos existentes para la producción de furfural y de haber mencionado los resultados de la evaluación de la tecnología mexicana con la finlandesa pasaremos, en los siguientes apartados, al análisis de algunos elementos internos de la empresa.

Gráfico 4

PUNTO DE EQUILIBRIO COMPARATIVO: AÑO 1, TECNOLOGIA FINLANDESA. AÑO 2, TECNOLOGIA MEXICANA

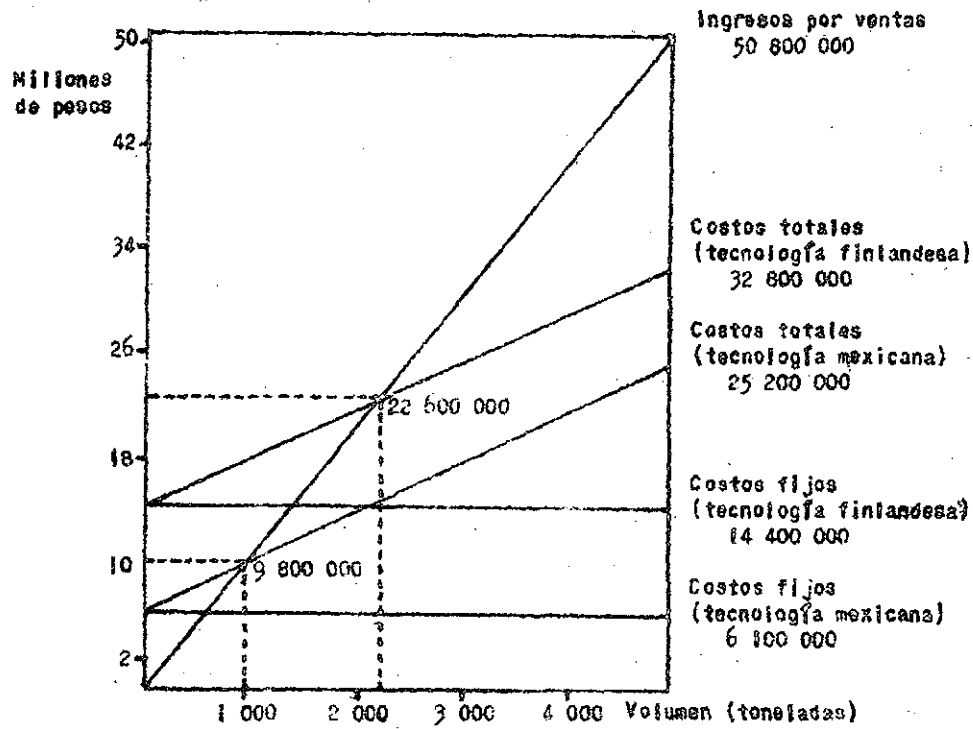
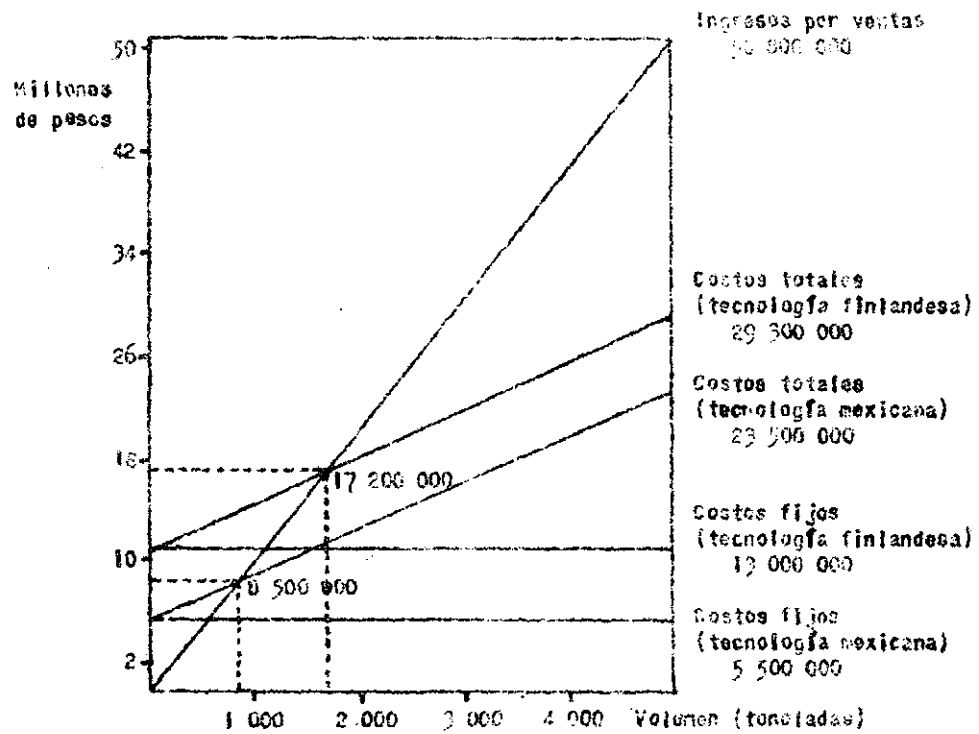


Gráfico 5

PUNTO DE EQUILIBRIO COMPARATIVO: AÑO 6 EN AMBAS TECNOLOGIAS



## 2. Origen del equipo

Creemos importante hablar sobre el equipo utilizado en FYDSA, ya que representa un esfuerzo innovativo importante de la empresa en adaptación de equipo que era utilizado para otros fines distintos a la producción de furfural y fue creado en otras ocasiones mandándolo hacer bajo pedido.

La descripción del equipo es la siguiente:

### a) Digestores

Fueron parte de un equipo de perforación para pozos petroleros de "Perforadora del Trópico", propiedad del Sr. De Alba, utilizados como tanques de gas; estos tanques tuvieron que ser cortados y adaptados para digestores.

### b) Columnas de extracción

Estas columnas fueron calculadas por la empresa y mandadas hacer sobre pedido.

### c) Calderas

Se compró originalmente una caldera de 100 HP. y finalmente una usada que contaba con una antigüedad de 40 años al ser comprada, estando aún en operación actualmente.

### d) Intercambiadores de calor

Fueron diseñados por la empresa y mandados hacer bajo pedido.

### e) Banda transportadora de cinta

Fue comprada como desecho de la compañía de cigarrillos El Aguila, S. A.

### f) Tubería y soportería

Fueron sobrantes de una compañía constructora, también propiedad del Sr. De Alba, denominada Constructora Sagitario.

/g) Equipo

g) Equipo de destilación y purificación

Fue diseñado por la empresa y mandado hacer bajo pedido. (Fue adaptado utilizando los digestores que se habían usado en la planta piloto).

Uno de los principales problemas de la operación de la planta lo constituyó la fuerte corrosión que se presentó en algunos de los equipos e instalaciones por el manejo de fluidos con pH ácido. Este problema fue resuelto posteriormente en forma parcial al recubrir los equipos, tuberías, etc., con acero inoxidable.

Sería muy interesante comparar la eficiencia de la planta en términos de costo-beneficio al usar equipo transformado y/o adaptado y con algunos elementos considerados de desecho con la eficiencia de una planta que compra todos los bienes de capital en el mercado (ya sea nacional o extranjero) con especificaciones ad-hoc para la producción de furfural pero con un costo de capital y financiamiento mucho mayor. Desgraciadamente no se cuenta con posibilidades de efectuar este análisis por ser FYDSA la única planta de furfural en México, pero contamos con una indicación muy general de que la diferencia no es muy grande, ya que FYDSA vende el producto en Estados Unidos a un precio más bajo que el de Quaker Oats y aún recibe ganancias (sin embargo, puede ser que Quaker Oats esté recibiendo un margen de utilidades muy grande en su condición de monopolista en los Estados Unidos y primer productor mundial).

No importa cuál fuera el resultado en la comparación costo-beneficio entre los equipos, en FYDSA ha quedado una experiencia muy rica en creación, adaptación, mejoras y operación de equipos sin dependencia tecnológica de proveedores de equipos y asesoría extranjera o nacional (pero externa a la planta).

Han tomado el camino difícil para aprender, pero creemos que su costo no ha sido demasiado alto y sus alternativas eran muy limitadas por su carencia de recursos económicos.

3. Transferencia de tecnología

La experiencia de la exportación a Brasil en 1973 permitió a la empresa hacer los contactos necesarios con gente interesada en la instalación de una planta

/productora



productora de furfural en ese país, lo cual llevó a la firma de un contrato de transferencia de tecnología el 9 de enero de 1974, con inversionistas privados brasileños.

El costo de la planta fue de aproximadamente 50 millones de pesos mexicanos, con una capacidad de producción de 4 500 toneladas anuales (en la primera etapa, usando bagazo de caña como materia prima. Posteriormente, esta planta fue vendida en su totalidad a la asociación de azucareros denominada Copersucar, de Sao Paulo, Brasil.

### Características de la aportación tecnológica

El mercado mundial de tecnología de este producto es de naturaleza oligopólica, ya que existen muy pocos oferentes de la tecnología (Quaker Oats no la vende) y presenta un alto grado de imperfección y prácticas restrictivas, originando una renta oligopólica para el vendedor. Con estas condiciones, el precio final de la tecnología será determinado por el poder de negociación relativo de cada una de las partes.

Algunos elementos de la negociación para este caso podrían haber sido los siguientes:

- i) La inexperiencia del oferente de la tecnología en los mecanismos de transferencia de tecnología, ya que ésta era su primera venta;
- ii) La necesidad apremiante de recursos del oferente de tecnología, aunada al hecho de que su costo marginal por la venta es cercano a cero y su beneficio podría ser de millones de pesos;
- iii) La no existencia de alternativas domésticas brasileñas (y muy poca en el mundo) en cuanto a la venta de tecnología;
- iv) La característica monopolista como productores de furfural en el mercado brasileño.

Tomando en cuenta lo anterior, el precio final de la venta de tecnología se fijó en 8.5 millones de pesos (17% del costo total de la planta), pagando 90% en efectivo y 10% con acciones de la empresa. Ese precio incluía la venta del proceso industrial, el diseño y especificaciones de la planta y el equipo.

La asesoría para el montaje y puesta en marcha de la planta sería aportada por el personal de FYDSA, pero pagada por la empresa brasileña en forma independiente de los 8.5 millones previamente señalados. Se enviaron 3 técnicos de FYDSA, durante 4 meses, con el objeto de adiestrar al personal, arrancar la planta y llegar a un porcentaje mínimo de rendimiento que se estipuló en el contrato;<sup>3/</sup> el costo de esta asesoría fue de aproximadamente 360 000 pesos mexicanos. (Se enviaron dos técnicos por dos meses y los dos restantes un solo técnico.)

La empresa brasileña podrá vender la tecnología en Brasil después de transcurridos 10 años de operación, y si se intenta vender antes tendría que ser con consentimiento y participación del Sr. De Alba.<sup>4/</sup>

Actualmente el porcentaje de rendimiento mínimo estipulado ha sido superado en un 20%.

En México, la tecnología ha sido vendida (desconocemos las condiciones) para la planta en proceso de construcción en Xicoténcati, Tamaulipas, usando bagazo de caña como materia prima. La inversión en esta planta será de aproximadamente 120 a 140 millones de pesos y su producción mínima garantizada de 8 000 toneladas anuales. El pago total de la tecnología será en acciones de la empresa. Su producción será destinada en su totalidad para exportación (ya comprometida a Estados Unidos).

Existen posibilidades (90%) de vender la tecnología a Perú para una planta de 7 000 toneladas anuales en un proyecto "Llave en mano" usando bagazo de caña, y en Cuba 50% de posibilidades, usando también bagazo de caña.

#### 4. Clasificación del cambio tecnológico

Podría pensarse en un gran número de clasificaciones del cambio tecnológico dependiendo de los objetivos de la investigación.

Generalmente se estudian los cambios tecnológicos que se ven reflejados en un aumento en la productividad e disminución en los costos ideales o estándares,<sup>5/</sup> debido a que dentro de las limitaciones que fueron señaladas

<sup>3/</sup> Cantidad de furfural producida en relación a la cantidad de bagazo de caña consumida.

<sup>4/</sup> No se nos informó de otro tipo de restricciones que pudieran existir.

<sup>5/</sup> Samuel Hollander siguió el estudio usando costos estándares, como medida de cambio tecnológico.

en una sección previa de este estudio, son los que más posibilidades tienen de ser cuantificables; sin embargo, existen innovaciones que pueden o no reflejarse dentro de las medidas de productividad, pero que constituyen cambios tecnológicos que deban ser tomados en consideración y, si bien no pueden ser medidos, al menos deben ser identificados y reconocidos.

Con la anterior consideración en mente es que decidimos tomar la clasificación de Phillip Maxwell, ya que abarca un espectro más amplio a la mera reducción en costos (productividad); la clasificación sería la siguiente:

- a) ahorra costos;
- b) mejora la calidad del producto;
- c) mejora la calidad de los insumos;
- d) aumenta la capacidad de producción;
- e) aumenta la variedad de productos finales;
- f) permite el uso de una variedad de insumos.

Los objetivos de la empresa pueden basarse en la consecución de uno o más de los puntos marcados en esta lista, pueden ser cambiados con el transcurso del tiempo, ya que la realidad es dinámica y se tiene que responder a las presiones y a los cambios de oportunidades de la misma forma que puede haber interacciones entre los elementos de la clasificación y cambios en la intensidad con la que persiguen los objetivos.

La segunda clasificación que nos interesa, por el hecho de haber sido abordada en muy pocos estudios empíricos, y por la gran importancia que consideramos debe otorgársele, es la de cambios tecnológicos "mayores" o "menores", usada por Samuel Hollander.

Sin pretender efectuar un análisis teórico exhaustivo de los conceptos encontrados en la literatura sobre cambio tecnológico, actividad inventiva, innovación, etc., queremos en este apartado mencionar sólo algunos aspectos que consideramos de interés para el análisis de este trabajo.

Schmookler<sup>6/</sup> define la "tasa de progreso tecnológico" como la tasa a la cual se produce tecnología nueva, y la "tasa de duplicación" aquella a la cual la tecnología en existencia al principio del período, es diseminada. El mismo autor señala que "un elemento de la tecnología afecta la tasa de progreso tecnológico una sola vez en un punto del planeta, pero dicho elemento

6/ J. Schmookler, Invention and Economic Growth, Harvard University Press, 1966.

pueda entrar en la tasa de duplicación en un número indefinido de lugares y sobre un largo período de tiempo". Sus definiciones de técnica, cambio tecnológico, innovación e imitación son los siguientes; 1) técnicas: "método para producir un bien o servicio; 2) cambio tecnológico: "cuando una empresa produce un bien o servicio o usa un método o insumo que es nuevo para ella". La primera firma que realiza el cambio es "innovadora" y su acción es "innovación". Otra empresa haciendo el mismo cambio tecnológico, posteriormente, es "imitadora" y su acción "imitación".

Esta conceptualización ha sido generalmente aceptada, lo que ha originado que se piense que en muchos países subdesarrollados no existe cambio tecnológico o innovación, sino imitación.

Esta definición presupone que existe perfecta difusión de la información entre empresas y entre países porque puede realizarse en China un cambio tecnológico sobre un aspecto determinado y, al mismo tiempo, generarse en México el mismo cambio tecnológico sobre el mismo aspecto, sin tener conocimiento uno del otro de lo que se estaba haciendo. Con esto ya no se generaría el cambio tecnológico en un solo lugar del planeta y se tendría aún el problema de a quién se le atribuiría dicho cambio históricamente y a cuál de ellos se le consideraría un imitador.

Si suponemos un mundo estático, sería factible llamar imitadoras a las nuevas empresas que entran a un campo donde ya existe competencia. Sin embargo, la realidad no es estática y aun en empresas con igual tamaño de planta que usan las mismas materias primas, proceso, equipos, y producen los mismos productos finales, se encuentran características diferentes que el simple cambio de localización geográfica en cuanto a las condiciones climáticas, de altura sobre el nivel del mar, topográficas, calidad de materias primas, personal humano, calidad de producto, etc., y que requiere de esfuerzos innovativos y no simplemente repetitivos.

Teniendo presente el hecho de que no existe una "teoría de la innovación" y la gran diversificación de opiniones sobre este tema, decidimos utilizar un concepto más amplio sobre cambio tecnológico que se ajustara un poco más a las condiciones de los países subdesarrollados, por lo que tomaremos la definición de Hollander.

"Cambio tecnológico incluye los métodos usados por primera vez en la planta, o modificaciones en los métodos, sin importar la fuente original de la tecnología, y si desde el punto de vista de la industria, el país o el mundo son o no imitativos."

El hecho de haber utilizado un concepto muy limitativo de cambio tecnológico se manifiesta en la proliferación de estudios acerca del mecanismo de selección y transferencia de tecnología extranjera y la escasez de trabajos empíricos sobre la generación interna de innovaciones. La razón argumentada para la falta de estudios de este tipo es que los cambios tecnológicos originados en los países subdesarrollados son "menores" o de refinamiento (incrementales) de un cambio tecnológico "mayor" generado normalmente por países desarrollados.

Sin embargo, creemos que el uso de los términos "mayor" o "menor" es muy subjetivo, ya que es "mayor" o "menor" con respecto a ¿qué?; podría ser con respecto al esfuerzo innovativo mundial, al esfuerzo innovativo del país o al esfuerzo innovativo de una empresa, dependiendo de los recursos económicos, humanos y tecnológicos del mundo, de cada país o de cada empresa.

En general se ha utilizado el concepto tomando el esfuerzo innovativo del mundo, pero hay que tener en cuenta que dicho esfuerzo está en función de los recursos de que se dispone y que no se puede hablar de una disponibilidad igual de recursos en todos los países, sino que está sujeta a fronteras políticas, sociales y económicas. Se han tomado los estándares de los países desarrollados, suponiendo una posición igualitaria internacionalmente.

Un cambio de enfoque, igualmente subjetivo, es el analizado por Hollander al utilizar esta clasificación a nivel microeconómico, considerando como "cambio tecnológico menor" aquel que no implica relativamente un riesgo técnico y su desarrollo era considerado ex-ante por los expertos como un proceso simple y fácil de lograr, y como "cambio tecnológico mayor" aquel considerado de gran riesgo técnico y, en opinión de los expertos, difícil de realizar antes de su implementación.

A pesar del carácter subjetivo de esta definición y del hecho de que su determinación de "menor" o "mayor" descansa en la opinión de los expertos en el área, en lugar de hacerlo en una medida física como repercusión en los costos o alguna otra variable medible, creemos conveniente su utilización

/porque

porque toma en consideración los recursos existentes y porque permite clasificar el cambio tecnológico en más dimensiones que las meramente cuantificables.

Utilizando esta definición en estudios microeconómicos, algunos autores (Hollander, Katz) han encontrado que los efectos en la empresa sobre la eficiencia de los cambios tecnológicos menores sumados es superior que los obtenidos por los cambios tecnológicos mayores.

El uso de un concepto más amplio de cambio tecnológico nos permite captar los esfuerzos innovativos realizados en la generación de tecnología nacional propia, en la adaptación de tecnología extranjera, en la optimización de operaciones, en la resolución de problemas identificados en la planta o en la organización administrativa, en la creación de nuevas tecnologías, etc.

Los estudios de los autores mencionados señalan también que muchos de los cambios menores son originados por el personal de operación y mantenimiento de la planta; sin embargo, a pesar de su importancia, gran parte de la comunidad científica piensa que el trabajo del personal antes mencionado consiste en apretar tuercas y doblar tubos. CONACYT, a pesar de aceptar su importancia, en la página 123 del Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología afirma: "Las tareas innovativas a cargo del personal de producción y mantenimiento, aunque seguramente importantes en la industria del país, no fueron captadas".

La existencia de cambios tecnológicos "mayores" presenta una necesidad de invenciones suplementarias o cambios tecnológicos "menores" después de la implantación de la innovación mayor. Con esto se puede presentar un agotamiento de innovaciones menores, si no se presenta un nuevo cambio tecnológico mayor que genere una serie de cambios menores normalmente eslabonados entre sí.

Para finalizar esta investigación presentaremos una descripción de los cambios tecnológicos encontrados en la planta usando el concepto amplio de innovación y la clasificación de Hollander, y las seis dimensiones utilizadas por Phillips Maxwell.

A lo largo de la vida de la planta se han realizado innovaciones constantes en las diversas dimensiones de cambio tecnológico. En opinión de los  
/técnicos

técnicos o expertos de la planta, todos los cambios tecnológicos han sido "menores", o sea, considerados fáciles de realizar antes de su implementación, con excepción de las investigaciones que se hicieron para tratar de obtener alcohol furfurílico, ya que lo consideraron ex-ante difícil de realizar por la dificultad en el manejo de elementos como el hidrógeno y la necesidad de usar equipo especial.

Existe un volumen mayor de cambios tecnológicos menores debido a que éstos envuelven un proceso evolucionario de modificación en las tecnologías existentes, y por esto es "relativamente simple" de lograr, pero los cambios tecnológicos mayores implican una modificación "significativa" de los métodos existentes.

La totalidad de los cambios tecnológicos efectuados por la planta fueron desarrollados por personal íntimamente relacionado con las operaciones corrientes, cuya función era frecuentemente el mantenimiento de las operaciones fuera de problema.

Algunos cambios tecnológicos pueden ser identificados por su objetivo principal o por sus efectos dentro de las seis dimensiones mencionadas previamente. A continuación describiremos algunas de las innovaciones de la planta.

a) Ahorro en costos

i) Las investigaciones realizadas con diferentes catalizadores llevaron a la utilización de ácido sulfúrico que permitió una reducción de 1 500 000 pesos anuales; sin embargo, esto provocó problemas importantes de corrosión en algunos equipos no posibles de medir en pesos, ya que no se cuenta con información. Creemos que la decisión fue tomada para ahorrar costos a corto plazo por la apremiante necesidad económica; sus efectos negativos tendrían un plazo más largo. El efecto neto de la innovación fue un ahorro en costos.

ii) Las adaptaciones y mejoras efectuadas en los evaporadores permitió un ahorro de 300 000 anuales.

iii) La creación y adaptación de equipo.

/iv) La optimización

iv) La optimización del proceso en general.

v) Mejoras en los procesos administrativos y en programas de mantenimiento preventivos.

Generalmente este tipo de innovaciones se considera como el objetivo principal de las investigaciones; sin dejar de reconocer la importancia de esta dimensión, creemos que para muchas empresas el énfasis puede centrarse en otra dimensión o en un conjunto de dimensiones y no únicamente en la ya mencionada.

b) Mejora la calidad del producto

Los cambios tecnológicos tendientes a mejorar la calidad del producto o de los insumos no implican necesariamente un ahorro en los costos; puede ser, por el contrario, que lleven consigo un aumento en los mismos. Sin embargo, el cambio puede efectuarse por presiones en la demanda.

La creación, adaptación y mejoras en los equipos de destilación y evaporación produjeron un incremento en los costos, sin embargo, se logró cumplir con las especificaciones de calidad del producto requeridas por la demanda.

c) Aumenta la capacidad de producción

Dentro de esta dimensión se encuentran comprendidos:

i) La creación, adaptación y mejoras en los equipos para cada escala de planta.

ii) La creación de la tecnología en sí para producir furfural.

iii) Cambios en las condiciones de operación del proceso, con el objeto de optimizarlo.

d) Aumenta la variedad de productos finales

Las innovaciones efectuadas en esta dimensión son las siguientes:

i) Obtención de subproductos. Se encuentra en etapa de investigación la recuperación de subproductos que anteriormente eran desechados. Al efectuar pruebas periódicas de laboratorio en el residuo que queda en forma de lodo en los digestores y los fondos de la columna de extracción, se encontró:

1) Que estaban



1) Que estaban tirando un licor que contenía buen porcentaje de ácido acético, ácido fórmico, alcohol metílico y etílico y otras sustancias.

2) En el residuo (sólido) encontraron contenidos importantes de proteínas y carbohidratos, por lo cual podría ser utilizado como complemento alimenticio para animales o como alimentos balanceados al mezclarse con otros productos alimenticios.

3) Recircular el "licor" (parte líquida del residuo) al circuito para recuperar agua, ácido sulfúrico y otros.

A la fecha se han realizado investigaciones utilizando y adaptando una centrífuga semiautomática con 30 años de antigüedad, que era usada en un ingenio azucarero para separar lo sólido de lo líquido en el residuo; las pruebas se han llevado 4 meses y han tenido un costo<sup>1/</sup> de 250 000 pesos aproximadamente. Se realizan pruebas con 6 novillos (en los últimos 6 meses), alimentándolos con una mezcla de Bovitina 12 (complemento alimenticio), residuo de mieles incristalizables, con resultados favorables, ya que los indicadores marcados por una casa proveedora de alimentos para animales (La Hacienda) con respecto al peso que deben ganar estos animales, ha sido cubierta a un costo mucho menor. El costo de estas investigaciones ha sido de 50 000 pesos.

4) Asimismo, se han estado realizando investigaciones en los últimos cuatro años acerca del uso del residuo como mejorador de tierras muy compactas y/o alcalinas, con buenos resultados.

5) Utilizar el residuo como combustible.

ii) En 1974 la empresa realizó una serie de investigaciones tendientes a utilizar toda la producción de furfural con el objeto de obtener alcohol furfurílico, producto de mayor demanda y mejor precio.

Se lograron algunos avances importantes en el proceso; sin embargo, por falta de recursos económicos no se obtuvieron resultados finales exitosos para continuar la investigación que requería de equipos especiales. Las pruebas se efectuaron durante 6 meses y tuvieron un costo aproximado de 50 000 pesos.

---

<sup>1/</sup> Los costos presentados en estos incisos no incluyen una apreciación del valor del tiempo que se tomó el personal para estas investigaciones.

En esta dimensión de cambio tecnológico aún no se obtienen beneficios, ya que todavía está en etapa de experimentación, pero se esperan 2 000 000 de pesos anuales en la recuperación de líquidos y 500 000 pesos anuales en la venta de lo sólido del residuo.

e) Permite el uso de una variedad de insumos

En 1973 y 1974 la planta realizó pruebas con otra materia prima en lugar de olote, debido a una disminución notable en la producción de maíz en el país (véase el cuadro 22) y la región de ubicación de la planta, por lo cual la empresa tuvo que salir a buscarlo a otros estados (con el consecuente aumento en costos). A pesar de dicha búsqueda, no se consiguió la cantidad requerida por haber terminado la época de cosecha de ese año, por lo que se presentó la alternativa de parar la producción o utilizar otra materia prima, optándose por lo último efectuando pruebas con:

- i) Bagazo y bagacillo de caña;
- ii) cáscara de coco;
- iii) polvillo de coco;
- iv) cáscara de arroz, y
- v) cáscara de café.

Las pruebas realizadas con bagazo de caña fueron bastante satisfactorias a pesar de haberse obtenido un rendimiento menor que el del olote, no así las obtenidas con el resto de las materias primas.

En 1977 se están realizando pruebas con bagazo de caña y diferentes condiciones del proceso y del uso del equipo (menor o mayor carga a los digestores), tendientes a ser de utilidad para la planta de Xicoténcatl (FYDSA como planta piloto).

El costo al usar otra materia prima en 1974, sustituyendo al olote, fue mayor; sin embargo, si esto no se hubiera hecho, la pérdida hubiera sido mayor.

Creemos que el análisis de las 6 dimensiones podría llevarse a cabo en términos únicamente de costos, si se consideran éstos en el sentido económico real (no el monetario contable), o sea en términos del costo de oportunidad.

Cuadro 22

## PRODUCCION ANUAL DE MAIZ EN MEXICO, 1968 A 1976

	Kilogramos
1968	9 083 823
1969	8 435 492
1970	8 879 384
1971	9 785 734
1972	9 222 838
1973	9 609 132
1974	7 847 763
1975	8 458 604
1976	8 945 000 <sup>a/</sup>

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1977.  
<sup>a/</sup> Preliminar.

Muchos de los cambios tecnológicos señalados han sido respuestas a demandas exógenas urgentes, tales como: los cambios y especificaciones en la demanda, la falta de materia prima, la falta de fondos de inversión, etc. y algunos otros fueron endógenamente estimulados para mejorar la eficiencia de la planta.

Para finalizar diremos que la planta, a pesar de no tener una posición económica muy impresionante, ha dedicado tiempo, esfuerzos y recursos a diferentes actividades de investigación con una posición optimista; creemos que este comportamiento tecnológico está influenciado, en parte, por el hecho de que el origen de su fundación se debió a un resultado de investigación exitoso.

### 5. Producción

Dentro de las decisiones que debe tomar un empresario, es de gran importancia considerar cuáles bienes o servicios debe producir y en qué cantidad, y la técnica de cómo combinar varios insumos para la producción de dichos bienes y servicios, considerando la limitante de la tecnología productiva existente. Esta tecnología puede ser representada por una función de producción de la forma  $Q = f(L, K, MP, \dots)$  donde:

/Q: cantidad

- Q: cantidad de producción durante un período de tiempo  
L: mano de obra utilizada durante un período de tiempo  
K: uso de la maquinaria o capital durante un período de tiempo  
MP: materia prima utilizada por un período de tiempo  
,.....,: existencia de otros insumos durante un período de tiempo

El análisis de cómo se tomó la decisión de cuáles bienes producir en FYDSA fue hecho en otra sección de este estudio.

La decisión de cuánto producir depende principalmente del mercado (el cual se analizó previamente), de problemas puramente técnicos y de problemas de disponibilidad de recursos.

Con el objeto de estimar la función de producción representativa de esta empresa, corrimos una serie de regresiones con diferentes años base y formas de medición de los insumos, así como diversas formas de la función de producción.

#### Medición de los insumos

1) Mano de obra: Se usaron dos medidas:

1) Horas hombre efectivas trabajadas (H.H.T.), para lo cual se tomó el número de empleados en planta (operarios y peones) más el personal técnico, multiplicados por el número de horas totales de trabajo al año, considerando que cada empleado trabaja 40 horas por semana. A dichas horas totales se descontaron las horas de vacaciones al año y una estimación de las horas en que los empleados estuvieron subocupados por paros en los equipos o por no utilizar todas las horas en trabajo efectivo (subempleo), ya que era el mismo número de personas con dos líneas de producción que con tres.

2) Número de empleados en funciones técnicas, más operarios y peones (mano de obra directa).

ii) Capital: Se utilizaron dos estimaciones:

1) Horas digestor efectivas trabajadas (HD.Ef.T.): se encontró que en la descripción del proceso de producción los digestores son el equipo que juega el papel primordial, por lo cual se escogieron como estimación del capital. Se tomaron las horas totales máximas de operación en

/un año

un año, haciendo los ajustes necesarios por las ampliaciones y el mes en que éstas ocurrieron o los meses en que trabajaron con menos líneas de producción (4 digestores por línea), deduciendo también las horas de paro de los digestores por año.

2) Inversión en instalaciones, maquinaria y equipo:

Se utilizó el valor contable de estos rubros a precios corrientes y se deflacionó su valor --tomando 1968 como año base-- descontando posteriormente la estimación de la depreciación tecnológica no contable (15% maquinaria y equipo y 10% instalaciones).

A pesar de estar conscientes de que existen importantes dificultades teóricas acerca de la definición y medición de capital --analizadas ampliamente por la polémica Cambridge (England)-Cambridge (Mass.)-- en el presente trabajo no serán estudiadas.

iii) Materia prima (M.P.): Como una estimación de este insumo se tomó la cantidad física consumida (no comprada) de olote de maíz, ya que representa en promedio casi el 80% del gasto total en materia prima de 1968 - 1976.

Habiendo explicado el procedimiento utilizado para medir las variables, presentaremos en el cuadro 23 los resultados encontrados en FYDSA. Empleando los datos de dicho cuadro, correremos algunas regresiones para diferentes períodos con el objeto de encontrar las elasticidades de los factores con respecto al producto.<sup>8/</sup> (Véase el cuadro 24.)

<sup>8/</sup> En el cuerpo del trabajo se presentan únicamente los resultados de las regresiones que miden el capital como horas digestor efectivas trabajadas y la mano de obra como horas-hombre efectivas trabajadas, dejando para el anexo la presentación de los resultados de otras regresiones.

Cuadro 23

	Producción (kg. fural)	H.E.f.D. (capital)	H.H.T. (mano de obra)	Maq.Eq.Inst. (capital)	(Mano de obra) <sup>a/</sup>	(M.P.) Kg. olote consumido
1968	147 000	19 344 <sup>b/</sup>	14 080 <sup>b/</sup>	5 865 271	40 <sup>b/</sup>	
1969	342 000	33 250 <sup>b/</sup>	28 160 <sup>b/</sup>	5 321 309	35 + 6 = 41 <sup>b/</sup>	
1970	653 071	38 892	59 440	7 050 600	37 + 7 = 44	7 329 641 <sup>b/</sup>
1971	893 721	64 080	80 800	6 964 650	42 + 13 = 55	11 133 338
1972	949 819	64 394	75 102	9 361 450	39 + 6 = 45	10 498 950
1973	943 503	76 697	81 909	9 021 550	51 + 7 = 58	11 410 221
1974	845 129	67 312	59 948	13 251 550	51 + 7 = 58	11 045 737
1975	1 305 000	93 950	84 721	12 773 250	51 + 6 = 57	18 293 595
1976	1 469 316	101 726	87 981	12 806 750	51 + 7 = 58	20 795 379

a/ Número de obreros y peones, más personal técnico.

b/ Datos estimados por no haber información de horas de paros (o no tener los datos)

Quadro 24

RESULTADO DE LAS REGRESIONES

1) Usando K= H.D.T.;		L = H.H.T.					
Período	Forma funcional	Constante	B		R <sup>2</sup> a/	b/	Observaciones
1968-1976	Log Q1 = Log a + B Log Ki + Log Li	-.48535575	1.26742 (.117731) t = 10.765 <sup>c/</sup>	.0663315139 (.17406339) t = .381077 <sup>c/</sup>	.9458	.00608785	r12 = .9723; r13 = .7384; r23 = .7441; No rechazamos Ho: const. = 0
1970-1976	Log Q1 = Log a + B Log Ki + Log Li	1.08648319	.676983 (.1191188) t = 5.697 <sup>c/</sup>	.331358866 (.2315821826) t = 1.43085 <sup>c/</sup>	.9045	.001597325	No rechazamos Ho: const. = 0

a/ Coeficiente de correlación.

b/ Suma de los residuos al cuadrado

c/ Estadístico "t" de student.

Conclusiones de las regresiones:

1. La variable "capital" (horas digestor trabajadas) "explica" un gran porcentaje de las variaciones en la cantidad de furfural producida, teniendo un alto valor significativo estadísticamente en su coeficiente de regresión bajo las pruebas de hipótesis "t" de student y "F" de Fisher.

2. La variable "mano de obra" (horas-hombre efectivas trabajadas) "explica" un porcentaje bastante menor que la variable "capital" de las variaciones en la cantidad de furfural producida, existiendo además un alto porcentaje de correlación entre las variables independientes "capital" y "mano de obra" indicando un alto grado de complementariedad entre estos dos factores de producción.

Esta correlación entre K y L nos origina problemas estadísticos que no vamos a discutir en este trabajo, pero queremos mencionar la existencia de multicolinealidad, los estimadores son eficientes, insesgados pero son malos estimadores.

3. Al efectuar pruebas de hipótesis sobre el grado de significación estadística del coeficiente de la mano de obra, se encontró que las pruebas "t" y "F"<sup>2/</sup> nos indican no rechazar la hipótesis de que su valor sea cero.

4. Los valores encontrados para las regresiones del período 1970-1976 son más confiables, ya que por no contarse con información suficiente, se tuvieron que estimar en forma gruesa los valores de K y L para 1968, 1969, por lo que habrá más problema de "error en la medición".

5. El valor de los coeficientes de K y L representan las elasticidades del producto con respecto a K y L, respectivamente.

6. Si tomamos la regresión para el período 1970-1976 (con menor "problema de medición"), las elasticidades de  $K = .678$  y  $L = .33$  sumadas nos dan un valor muy cercano a la unidad; esto representaría la existencia de "Rendimientos constantes a escala".

Estos valores serán usados posteriormente para la medición de la productividad global.

---

<sup>2/</sup> En el anexo de este estudio se presentan algunas observaciones y pruebas de significación estadística de estas regresiones y de otras regresiones lineales que se efectuaron.



Se supone que las horas-hombre efectivas trabajadas son homogéneas; no se hizo ningún ajuste por diferentes "calidades" de mano de obra (se podrían haber ajustado las horas-hombre trabajadas con respecto al salario). En el caso particular de esta empresa no existen profesionistas en la planta, y el personal en funciones técnicas representa únicamente un 11% del total.

En lo que respecta a las horas digestor efectivas trabajadas, creemos que no existen diferencias en calidad entre los digestores usados inicialmente y los que se fueron añadiendo en las ampliaciones.

Sin embargo, las horas trabajadas por los digestores se ven afectadas por el funcionamiento del equipo auxiliar (calderas, bandas transportadoras de olote, etc.) donde sí podrían encontrarse diferencias en calidad entre el equipo auxiliar usado inicialmente y las adiciones posteriores. La única diferencia importante encontrada en los equipos auxiliares de FYDSA es en las calderas que se fueron añadiendo, en comparación con las anteriormente usadas. Suponemos que, teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, no existe justificación importante para no considerar las horas digestor trabajadas como homogéneas.

#### 6. Capacidad de producción

Generalmente se toma como capacidad de producción la señalada por los fabricantes del equipo y no la real o factible de realizar tomando en cuenta que el equipo y maquinaria de la planta no es homogéneo sino que pueden existir cuellos de botella, días de paro para un mantenimiento adecuado del equipo (esto varía de planta a planta, aún usando idéntico equipo pero en diferentes sitios geográficos), disposiciones legales acerca de las condiciones de trabajo, etc. Todos estos factores nos obligan a tomar una medida más real de la capacidad de la planta.

Pensando en una medida que tomara en cuenta implícitamente la existencia de cuellos de botella y las disposiciones legales, llegamos a determinar que la cantidad de kilogramos de furfural producida por hora de trabajo efectiva ya reflejaba los problemas mencionados. (Véase el cuadro 25.)

Cuadro 25

## PRODUCCION POR HORA EFECTIVA, 1969 A 1976

Líneas	TT/líneas <sup>a/</sup>	HP/líneas <sup>b/</sup>	HET <sup>c/</sup> (2) - (3) = (4)	Producción HET <sup>c/</sup> (5) / (4) (5)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
1969	1	8 760	3 480.0 <sup>d/</sup>	5 280 <sup>d/</sup>	64.77 <sup>e/</sup>
1970	1	11 712	3 500.0 <sup>d/</sup>	8 212 <sup>d/</sup>	79.52 <sup>d/</sup>
1971	2	17 520	4 947.0 <sup>d/</sup>	12 573 <sup>d/</sup>	71.08 <sup>d/e/</sup>
1972	2	17 920	5 685.5	11 835	80.26
1973	3	20 448	5 094.4	15 354	61.45 <sup>e/</sup>
1974	2	17 880	4 207.4	13 673	61.81
1975	3	24 864	5 506.0	19 358	67.41
1976	3	26 352	3 682.0	22 670	64.81

**Nota:** Se eliminó 1968 por no ser un año completo.

**a/** Tiempo total disponible por líneas.

**b/** Horas de paro de las líneas anualmente (incluye vacaciones, mantenimiento y descomposturas).

**c/** Horas efectivas trabajadas.

**d/** Estimado.

**e/** Capacidades iniciales al tener 1, 2 y 3 líneas de producción por hora efectiva.

/Después

Después de haber analizado los datos y la descomposición de las horas de paro, llegamos a determinar que un programa adecuado de mantenimiento de la planta requeriría de 1.20 días por mes con 1 línea; 3 días con 2 líneas y 5 días con 3 líneas. (Como se observa, no se multiplican los días iniciales por 2 o por 3 para obtener el programa de mantenimiento, ya que la existencia de servicios auxiliares comunes y de mayor número de operaciones con equipo que se va haciendo más antiguo, no lo permite). (Véase el cuadro 26

Cuadro 26

## HORAS MANTENIMIENTO ANUALES, 1969 A 1976

	Número de líneas	HT <sup>a/</sup>	HM <sup>b/</sup>	HET <sup>c/</sup>
1969	1	8 760	348	8 412
1970	1	11 712	432	11 280
1971	2	17 520	864	16 656
1972	2	17 920	864	16 656
1973	3	20 448	1 056	19 392
1974	2	17 880	876	17 004
1975	3	24 864	1 344	23 520
1976	3	26 352	1 440	24 912

Nota: Para el cálculo de la capacidad se consideró la cantidad de kilos logrados el año de la expansión de las facilidades productivas y se mantuvo esta cantidad hasta que la misma fue incrementada.

- a/ Horas totales.  
 b/ Horas mantenimiento.  
 c/ Horas efectivas teóricas.

En el gráfico 6 se refleja muy claramente el hecho de que la empresa es más eficiente en los años posteriores al año de puesta en marcha de una ampliación, ya que en ese año la eficiencia en cuanto a la utilización de la capacidad disminuye.

El aprendizaje en cuanto a la operación de las nuevas instalaciones y equipos, a cambios en el proceso, a aspectos administrativos, etc., permite ir aumentando el coeficiente de utilización de la capacidad.

La producción teórica nos da una idea de lo que hubiera sido la producción si se hubiera llevado un programa adecuado de mantenimiento. Dividiendo estos valores entre la producción real, nos indica qué porcentaje de esa producción teórica se logró.

La última columna del cuadro 27 indica el coeficiente de utilización de la capacidad real de la planta. (Véase de nuevo el gráfico 6.)

## 7. Productividad

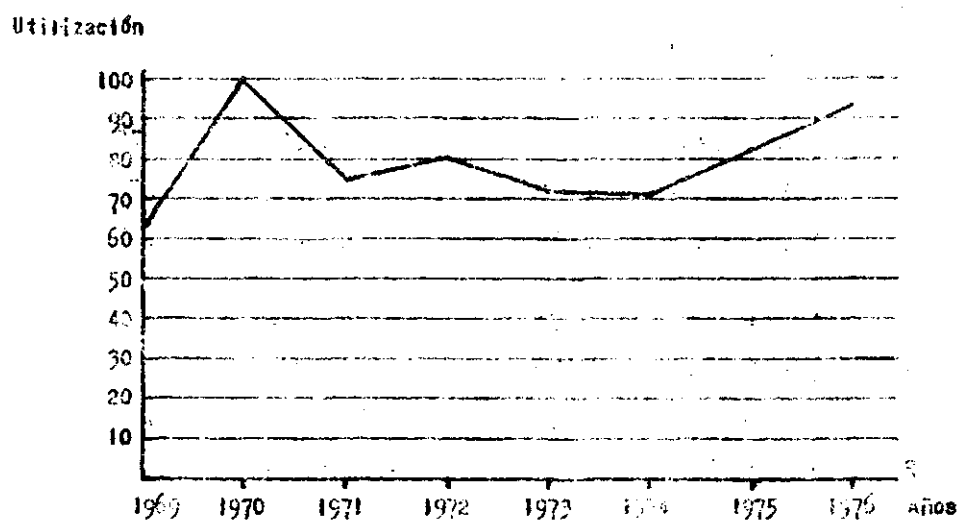
Tomando en cuenta que existen muchas divergencias en cuanto al estudio de la productividad, ya sea a nivel macroeconómico o microeconómico, creemos importante dedicarle un poco más de espacio y profundidad a este tema.

En esta sección estudiaremos la productividad global de la planta y las productividades de la mano de obra, capital y materia prima.

Probablemente los resultados del estudio de la productividad pudieran indicar que determinada empresa es improductiva; sin embargo, no podemos con esto concluir que no ha habido cambio tecnológico. Los cambios en la productividad tienen un efecto directo sobre los costos de la empresa, pero recordemos nuestro cuadro de variables presentado en el prefacio de este estudio, donde se puede apreciar que los cambios tecnológicos que afectan costos constituyen únicamente una dimensión de cambio tecnológico, ya que éste puede ser para mejorar la calidad del producto, de los insumos, que permita utilizar otros insumos o producir otros productos.

Estas dimensiones de cambio tecnológico pueden o no afectar los costos de la empresa, pero no necesariamente reducirlos. Se podría pensar en todas las dimensiones de cambio tecnológico enfocadas al aprovechamiento de un costo de oportunidad (costos en el sentido económico, no en el contable).

Gráfico 6  
UTILIZACION DE LA PLANTA



Cuadro 27

## CAPACIDAD DE PRODUCCION, 1969 A 1976

	Número de líneas	Período (meses)	Producción teórica g/ (1)	Capacidad (2)	Producción real (3)	(1)/(3) (4)	(2)/(3) (5)
1969	1	12	544 845	544 845	342 000	.6277	.6277
1970	1	10					
	2	2	896 986	651 356	653 071	.7281	1.0026
1971	2	12	1 183 909	1 183 909	893 721	.7549	.7549
1972	2	12	1 336 811	1 183 909	949 819	.7105	.8023
1973	2	8					
	3	4	1 191 638	1 317 767	943 503	.7918	.7160
1974	2	12	1 051 018	1 183 909	845 129	.8041	.7138
1975	3	12	1 585 483	1 585 483	1 305 000	.8231	.8231
1976	3	12	1 614 547	1 585 483	1 469 316	.91	.9267

a/ Hora efectiva trabajada (cuadro 26) por kgs de furfural por hora trabajada (cuadro 25). Se le llama producción teórica porque las horas trabajadas son calculadas suponiendo que se cumple exactamente un programa de mantenimiento ideal.

/Teniendo

Teniendo en cuenta que el estudio de la productividad se relaciona directamente sólo con una dimensión del cambio tecnológico, pasaremos al análisis de la productividad global y la productividad de los factores productivos.

a) Metodología utilizada

De los objetivos específicos de los realizadores del estudio de productividad dependerá:

1. El método seleccionado
2. Los resultados obtenidos

En cuanto a la metodología seleccionada, consideramos que existen tres pasos a seguir:

- A. ¿Qué variables se van a utilizar?
- B. ¿Cómo se van a medir las variables?
- C. ¿Cómo se van a utilizar y a relacionar las variables para medir la productividad, una vez realizados los puntos anteriores?

En la presente investigación tratamos de ejemplificar cada uno de estos puntos utilizando los datos obtenidos en FYDSA, con el objeto de traer más claridad a este tema y que los interesados en efectuar análisis de productividad puedan contar con una orientación acerca de cómo pueden variar los resultados y qué procedimiento a seguir es el más indicado, dependiendo de sus objetivos.

i) Qué variables se utilizaron para el caso de FYDSA

- 1) Producción
- 2) Capital
- 3) Trabajo
- 4) Materias primas

ii) Cómo se midieron las variables en el caso de FYDSA

- 1) Producción: volumen de producción anual de furfural. (toneladas.)
- 2) Insumos
  - a) Capital:

Horas digester efectivas trabajadas (HDEFT) se representará con la nomenclatura  $K_1$ , y

/el valor

el valor depreciado (depreciación tecnológica) y a precios constantes de 1968 de la Maquinaria, Equipo e Instalaciones (Maq., Eq., Inst.). Se representará con la nomenclatura  $K_2$ .

b) Trabajo:

Horas Hombre Efectivas Trabajadas (H.H.T.)<sup>1</sup> Se representará con la nomenclatura  $L_1$ , y

Número de empleados en funciones técnicas más operarios y peones. Se representará con la nomenclatura  $L_2$ .

c) Materias Primas:

Toneladas de olote consumidas. Se representará con la nomenclatura MP

iii) Cómo se utilizaron y relacionaron las variables para medir la productividad en el caso de FYDSA

Se utilizaron dos métodos generales para medir la productividad:

- 1) Productividad global
- 2) Productividad de cada uno de los factores de producción.

El cuadro 28 contiene los diferentes ejercicios elaborados en este trabajo con diversos métodos de medición de la productividad.

Una vez efectuados estos cálculos de productividad se procederá al análisis de cada una de las diferentes alternativas, comparándolas entre sí.

Con el objeto de no extendernos demasiado en el análisis de la productividad tomando todas y cada una de las mediciones de productividad expuestas en el cuadro 28, presentaremos en el cuerpo del trabajo únicamente los resultados obtenidos al medir la productividad global utilizando el método de "residuos no explicados" por medio de las elasticidades con las variables  $K_1$  y  $L_1$  y el método que utiliza los incrementos en la producción por hora efectiva trabajada. Posteriormente, se presentará el análisis de los resultados de la productividad para cada uno de los factores productivos utilizando las variables  $K_1$ ,  $L_1$ , MP,  $K^2$ ,  $L^2$  y Q. Se seleccionaron estos métodos de medición debido a que los resultados obtenidos son estadísticamente más confiables; sin embargo, para los interesados en el tema de productividad, se presentan al final de este trabajo los resultados en detalle y el análisis comparativo de los diferentes métodos de medición y variantes para cada caso, siguiendo el esquema del cuadro anterior de productividad.



Cuadro 28

## PRODUCTIVIDAD

Productividad	Método de medición	Período	Período	Variables utilizadas <sup>a/</sup>						Forma de análisis		Año base	
		1968-1976	1970-1976	Q	K <sub>1</sub> L <sub>1</sub>	K <sub>1</sub> L <sub>1</sub> MP	K <sub>2</sub> L <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> L <sub>2</sub> MP	Anual	Agregada	Fijo	Móvil	
A. Global	Residuos no explicados b/												
	a) Elasticidades	x	x	x	x		x		x	x	x	x	
	b) Participación de los factores con respecto al valor de lo producido		x	x			x		x			x	
	c) Participación de los factores con respecto al costo de producción	x	x	x	x		x		x			x	x
	A partir de datos de producción por hora efectiva trabajada c/	x		x					x		x		
. Factores	Productividad promedio d/	x		x			x		x				

Las variables señaladas se utilizaron tomando su valor anual con objeto de obtener las elasticidades de los factores con respecto al producto, usando una función de producción Cobb-Douglas. Se calcularon también las tasas de crecimiento de cada una de las variables presentadas en el cuadro para los períodos 1968-1976 y 1970-1976 utilizando en algunos casos un año base fijo y en otros un año base móvil. El análisis de la productividad se hizo en forma anual y en forma agregada abarcando todo el período.

Se refiere al porcentaje de crecimiento en el producto que no es atribuible al crecimiento de los insumos, el cual es atribuible --en la literatura sobre el tema-- a la productividad o al cambio tecnológico.

Los incrementos en la producción por hora efectiva trabajada se descomponen en: a) incrementos debidos a aumentos en la escala de producción y b) incrementos debidos a cambios tecnológicos o aumentos en la productividad global.

Para el cálculo de la productividad de los factores se tomaron los datos anuales de cada una de las variables señaladas en el cuadro.

Una vez presentado el análisis de los resultados de los métodos seleccionados, se procederá a la investigación de posibles sustituciones entre los factores de producción y su efecto en la productividad, utilizando para ello los datos obtenidos sobre la participación del costo de cada insumo de producción en el valor de lo producido y la proporción en que cada uno de dichos insumos ha sido usado.

Para finalizar esta sección de productividad hablaremos de la relación existente entre productividad-inversión, productividad-costos totales de producción por unidad producida-utilización de la capacidad real de producción-demanda.

Habiendo explicado la metodología que se utilizará para el análisis de la productividad de FYDSA, iniciaremos nuestra presentación de los resultados obtenidos con el cálculo de la productividad global por medio del método de "residuos no explicados" tomando las elasticidades obtenidas de la regresión de una "función de producción Cobb-Douglas". (Los resultados de dicha regresión fueron presentados en la sección II de este capítulo.)

b) Productividad global en base a los "residuos no explicados"

Para el cálculo de la productividad global o cambio tecnológico, utilizaremos una función de producción y el cálculo de las elasticidades de los factores de producción con respecto al producto.

Supongamos que:  $Q = A(t) f(K, L)$

donde: Q = producción

L = trabajo

K = capital

A(t) = todos los factores que determinan Q exceptuando K y L.

En esta función de producción los cambios en A a través del tiempo son considerados como cambio tecnológico.

Efectuando algunas operaciones de cálculo matemático encontramos:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{dA}{dt} + E_{Q,K} \cdot \frac{dK}{dt} + E_{Q,L} \cdot \frac{dL}{dt}$$

Donde:  $E_{Q,K}$  = elasticidad del producto con respecto al insumo K (considerando constante L).

$$/E_{Q,L} =$$

$E_{Q,L}$  = elasticidad del producto con respecto al insumo L.  
(considerando constante K.)

La tasa de crecimiento del producto puede ser descompuesta en dos partes:

- 1) El crecimiento atribuible a los cambios en los insumos;
- 2) Otro crecimiento (esto es, cambios en A), considerados como cambio tecnológico.

Se le ha llamado cambio tecnológico de esta forma definido, el "velo de nuestra ignorancia",<sup>10/</sup> porque lo igualamos a todo aquellos que no nos podemos explicar de aumento en producto, relacionado con el aumento en los insumos; esa parte no explicada o "residuo" la llamamos cambio tecnológico.

En el presente estudio utilizaremos el llamado "cambio tecnológico neutral", o sea que afecta por igual a los factores de producción como si fuera un maná que se distribuye sobre la totalidad del proceso productivo representado por  $Q = A(t) F(K, L)$ .<sup>11/</sup>

Los aumentos en el producto son el resultado de desplazamientos en el mapa de isocuantas más que un simple movimiento a lo largo de una misma isocuanta cuando K y L aumentan.

<sup>10/</sup> E. F. Denison, The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us. New York, Committees for Economic Development, 1962.

<sup>11/</sup> Se podría considerar que el cambio tecnológico aumentara el poder productivo del trabajo o "cambio tecnológico aumentador de mano de obra" representado por  $Q = f(K, A(t) L)$ , o que las horas máquina (K) fueran más productivas a través del tiempo (desarrollo de equipos con nuevas tecnologías productivas), o "cambio tecnológico aumentador de capital", representado por  $Q = f(\Lambda(t) K, L)$ . En la realidad se da una combinación de estos dos casos por no ser ni el capital (K), ni el trabajo (L) homogéneos; sin embargo, para el caso de FYDSA podemos suponer un "cambio tecnológico neutral"; a pesar de que la mano de obra pueda no ser homogénea --no tanto por diferencias en la educación formal sino por diferencias en el aprendizaje obtenido por los diferentes empleados-- creemos factible suponer un cambio tecnológico neutral ya que los equipos principales que se fueron incrementando a través del tiempo tenían las mismas características tecnológicas que los anteriores (digestores) y no existen diferencias en la educación formal de la mano de obra.

Después de esta breve introducción teórica pasaremos al cálculo de la productividad global utilizando los valores de las elasticidades obtenidas de las regresiones de la sección V (véase de nuevo el cuadro 24) y de las tasas de crecimiento del producto y de los insumos obtenidos del cuadro 23.

Productividad global empleando el método de las elasticidades y las variables  $K_1$  y  $L_1$ .

Cuadro 29

RESULTADOS DEL CALCULO DE PRODUCTIVIDAD GLOBAL, 1968-1976 Y 1970-1976

Período de la regresión	EQ, $K_1$	EQ, $L_1$	Porcentajes			PG	$\frac{PG^a}{\frac{\Delta Q}{Q}} \cdot 100$
			$\frac{\Delta Q}{Q}$	$\frac{\Delta K_1}{K_1}$	$\frac{\Delta L_1}{L_1}$		
1968-1976	1.267	0.066	899.535	425.879	524.870	325.305	36.1
1970-1976	0.679	0.331	124.986	161.560	48.016	-0.458	-

a/ Productividad global =  $\frac{\Delta Q}{Q} - EQ, K_1 \cdot \frac{\Delta K_1}{K_1} - EQ, L_1 \cdot \frac{\Delta L_1}{L_1}$

Lo que estos resultados nos indican es que si tomamos el período 1968-1976 de una tasa de crecimiento del producto de 899.5%, el 325% se debe a otros factores que no son el crecimiento de los insumos; a ese residuo se le considera productividad global, la cual representa en este caso el 36.16% del crecimiento del producto. La suma de las elasticidades es mayor que 1, lo que nos indica rendimientos crecientes a escala, es decir, que se necesitan menos insumos para producir una misma unidad de producto al aumentar el tamaño de la planta. Esto se debe a que el aumento en la escala de producción de una línea a dos fue bastante eficiente porque se contaba con suficiente espacio físico y capacidad para usar los servicios auxiliares adecuadamente; sin embargo, el aumento posterior de 2 líneas de producción a 3 líneas les originó muchos problemas por falta de espacio físico y deficiencias en los servicios auxiliares comunes. El hecho de haber tomado en consideración el año de 1968 como inicio del período de estudio facilita el que hayamos obtenido un porcentaje elevado de productividad

/global

global, ya que 1968 y parte de 1969 representan el período de arranque y puesta en marcha de la planta con niveles de productividad muy bajos por el aprendizaje que se estaba gestando en cuanto a la operación de los equipos y del proceso, con lo cual se parte para el cálculo de la productividad con un año base muy bajo.

Utilizando el período de 1970-1976, la tasa de crecimiento del producto es casi igual a la tasa de crecimiento de los insumos, por lo que no existe residuo que pueda ser atribuible a la productividad.

La suma de las elasticidades es casi igual a 1, lo que nos indica la presencia de rendimientos constantes a escala, es decir, que se necesitan los mismos insumos cada vez que se realizan expansiones en la capacidad de la planta para obtener la misma unidad de producto. Estos resultados se deben a que el año inicial del período (1970) tomado en consideración ya reflejaba el aprendizaje obtenido en un año y medio de operaciones sin variar la escala de producción, por lo que la productividad del año inicial era alta, provocando que la ineficiencia de la segunda ampliación tuviera un importante peso relativo en el cálculo de la productividad global del período.

Estos resultados nos obligan a desagregar aún más, con el objeto de analizar con detalle las fluctuaciones cíclicas, calculando los cambios en la productividad global año con año (año  $t$  con respecto al año  $t-1$ ). Con este análisis anual creemos que será posible estudiar las expansiones en la capacidad de producción.

El análisis anual se realizará en dos formas:

1) Tasas de crecimiento de las variables  $Q_1$ ,  $K_1$  y  $L_1$  en el año  $(t+1)$ ,  $(t+2)$  ....  $(t+n)$ , cada uno con respecto al año base  $t$  (base fija), donde  $t + n = 1976$ .

2) Tasas de crecimiento de las variables  $Q$ ,  $K_1$  y  $L_1$  en el año  $t+(t+1)$  con respecto al año  $t$ ; el año  $t+(t+1) + t+2$  con respecto al año  $t+(t+1)$ ; el año  $t+(t+1) + (t+2) + (t+3)$  con respecto al año  $t+(t+1) + (t+2)$ ; .....;  $(t+(t+1) + (t+2), \dots + (t+n)$  con respecto al año  $t+(t+1) + (t+2)$  ..... ,  $+ (t+ n-1)$ . (tasa acumulada variable) donde  $t + n = 1976$ .

1. Tasa de crecimiento de las variables  $Q$ ,  $K_1$ ,  $L_1$  con base fija para el:

/1) Período

1) Periodo 1968-1976

Cuadro 30

(Base fija t = 1968)

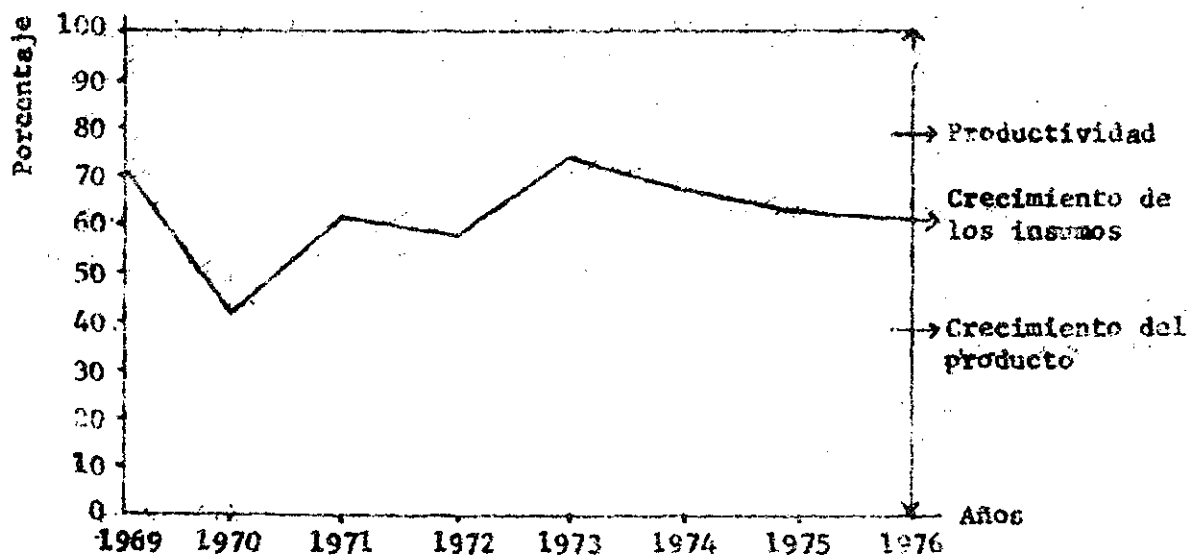
Año	$\frac{\Delta Q}{Q}$	$E_{Q,K_1} (1.267)$ $\times \frac{\Delta K_1}{K_1}$	$E_{Q,L_1} (0.066)$ $\times \frac{\Delta L_1}{L_1}$	P.C. (%)	$\frac{P.C.}{\frac{\Delta Q}{Q}} \times 100\%$
1969	132.65	91.11	6.15	25.39	26.68
1970	344.27	128.08	20.31	195.88	56.90
1971	507.97	293.11	29.98	184.88	36.40
1972	546.14	295.17	27.40	223.57	40.94
1973	541.84	475.78	30.48	135.58	25.02
1974	474.92	314.29	20.54	140.09	29.50
1975	787.76	488.82	31.75	267.19	33.92
1976	899.53	539.77	33.23	326.53	36.30
Promedio anual					35.71

g/ Porcentaje que representa la productividad global del crecimiento del producto.

Gráfico 7

PRODUCTIVIDAD GLOBAL DE LOS INSUMOS RESPECTO DEL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO

(Base fija t = 1968)



/ii) Periodo

11) Periodo 1968-1976

Cuadro 31

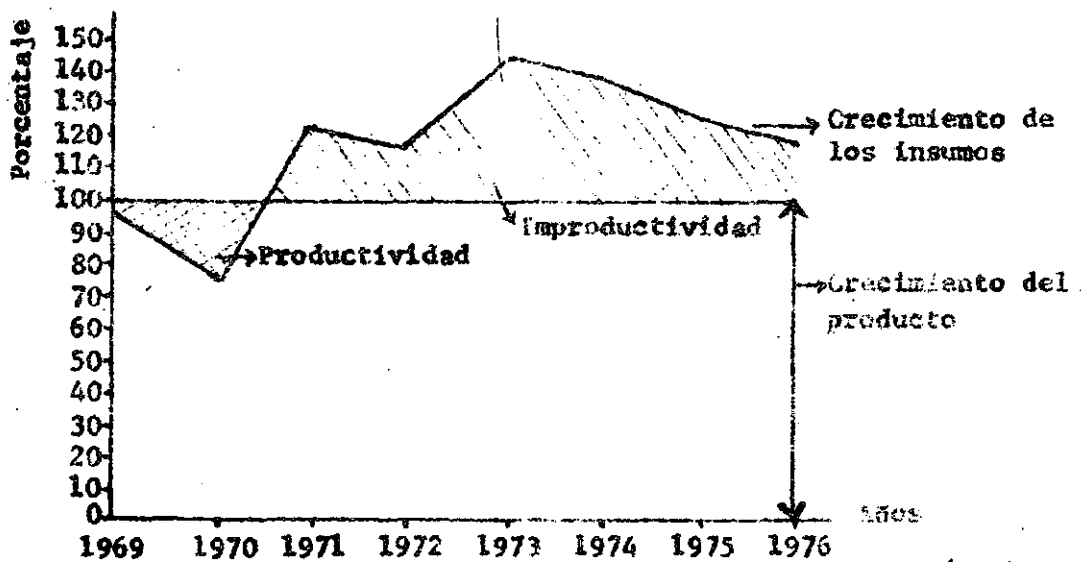
(Base variable, crecimiento acumulado t = 1968)

Año de comparación	$\frac{\Delta Q}{Q}$	$E_{Q, K_1} \cdot \frac{\Delta K}{K}$	$E_{Q, L_1} \cdot \frac{\Delta L}{L}$	P.G. (%)
$t+1$ con respecto al año $t$	232.65	217.85	13.20	1.60
$t+2$ con respecto al año $t+1$	133.55	93.72	9.29	30.54
$t+3$ con respecto al año $t+2$	78.25	88.77	5.24	-15.76
$t+4$ con respecto al año $t+3$	46.65	52.46	2.72	-8.53
$t+5$ con respecto al año $t+4$	31.60	44.19	2.10	-14.69
$t+6$ con respecto al año $t+5$	21.51	28.76	1.17	-8.42
$t+7$ con respecto al año $t+6$	27.33	32.72	1.40	-6.79
$t+8$ con respecto al año $t+7$	24.17	28.16	1.20	-5.19

Gráfico 8

PRODUCTIVIDAD E IMPRODUCTIVIDAD GLOBALES DE LOS INSUMOS RESPECTO DEL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO

(Base variable, t = 1968)



iii) Periodo 1970-1976

Cuadro 32

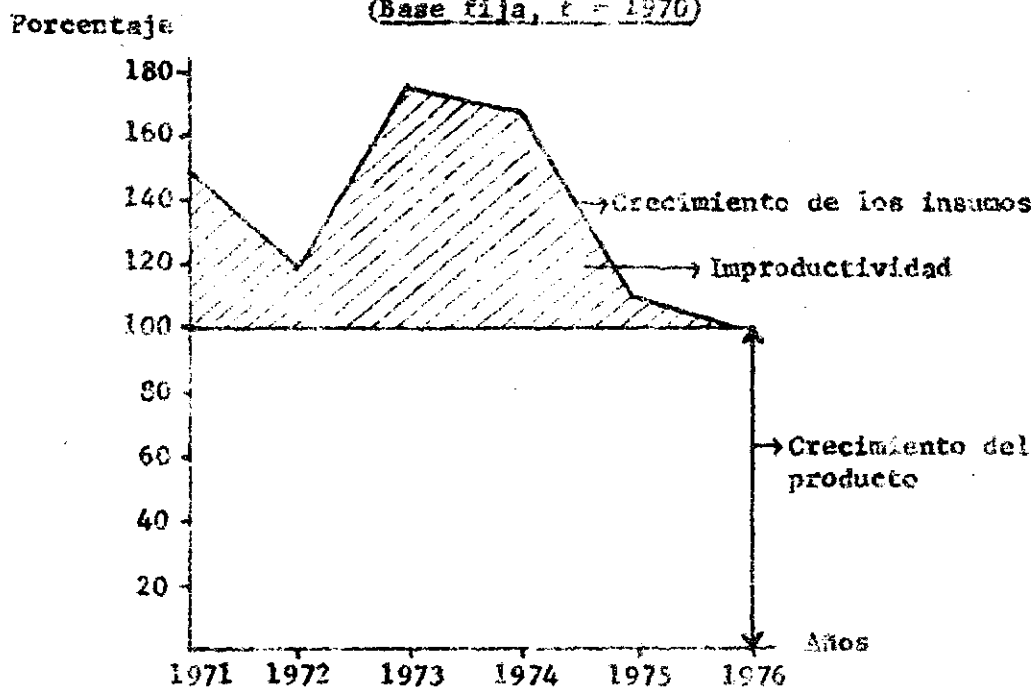
(Base fija,  $t = 1970$ )

Año	$\frac{\Delta Q}{Q}$	$E_{Q,K_1} (0.67898)$ $\times \frac{\Delta K_1}{K_1}$	$E_{Q,L_1} (0.33136)$ $\times \frac{\Delta L_1}{L_1}$	P.G. (%)
1971	36.85	43.97	11.91	-19.03
1972	45.44	44.52	8.73	-7.81
1973	44.47	66.00	12.53	-34.06
1974	29.41	49.62	0.28	-20.49
1975	99.83	96.12	14.09	-10.38
1976	124.99	109.70	15.91	-0.62

Gráfico 9

PRODUCTIVIDAD E IMPRODUCTIVIDAD GLOBALES DE LOS INSUMOS RESPECTO DEL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO

(Base fija,  $t = 1970$ )



(iv) Periodo



iv) Periodo 1970-1976

Cuadro 33

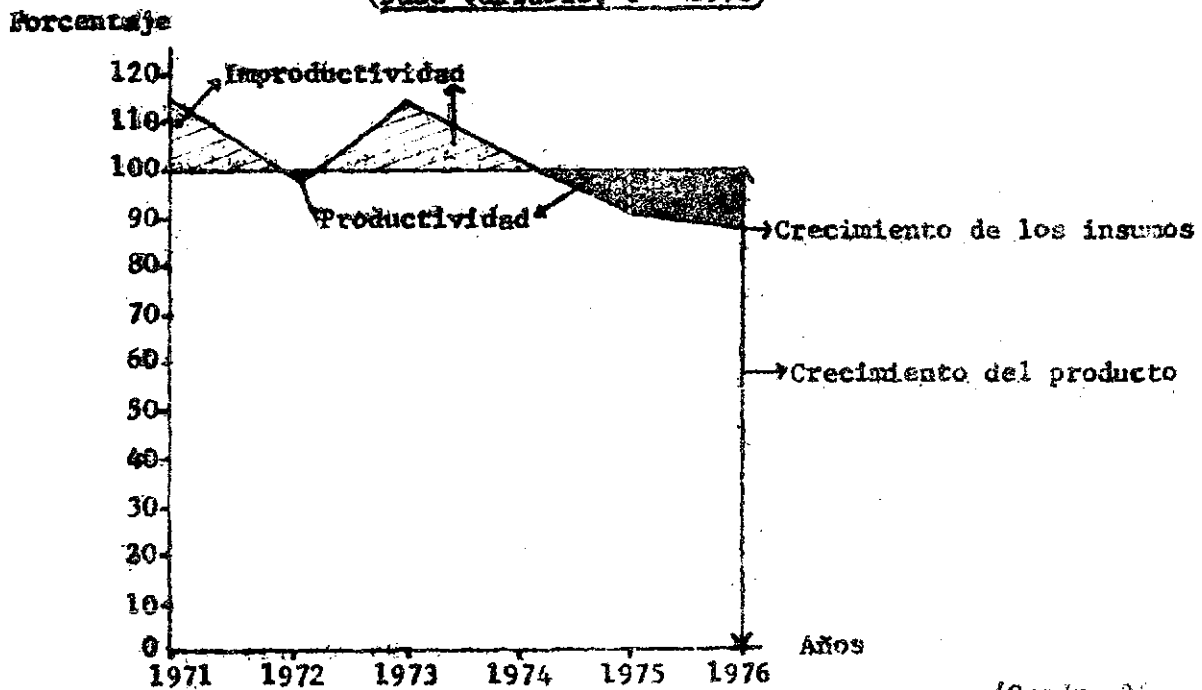
(Base variable, crecimiento acumulado  $t = 1970$ )

Año de comparación	$\frac{\Delta Q}{Q}$	$E_{Q,K_1} \times \frac{\Delta K_1}{K_1}$	$E_{Q,L_1} \frac{\Delta L_1}{L_1}$	P.G. (%)
t + 1 con respecto al año t	136.85	112.0	45.04	-20.19
t+2 con respecto al año t+1	61.41	42.4	17.75	1.26
t+3 con respecto al año t+2	37.79	31.1	12.40	-5.91
t+4 con respecto al año t+3	24.57	18.7	6.68	-0.81
t+5 con respecto al año t+4	30.45	20.5	7.86	2.09
t+6 con respecto al año t+5	26.28	17.0	6.59	2.68

Gráfico 10

PRODUCTIVIDAD E IMPRODUCTIVIDAD GLOBALES DE LOS INSUMOS RESPECTO DEL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO

(Base variable,  $t = 1970$ )



Cuadro 34

**RESULTADOS COMPARATIVOS DE LA PRODUCTIVIDAD UTILIZANDO LOS  
CUATRO METODOS**

Año de comparación	Método			
	i)	ii)	iii)	iv)
1969 con respecto a 1968	↑	↑		
1970 con respecto a 1969	↑	↑		
1971 con respecto a 1970	↓	↓		
1972 con respecto a 1971	↑	↑	↑	↑
1973 con respecto a 1972	↓	↓	↓	↓
1974 con respecto a 1973	↑	↑	↑	↑
1975 con respecto a 1974	↑	↑	↑	↑
1976 con respecto a 1975	↑	↑	↑	↑

Este ejercicio lo presentamos con el objeto de mostrar que aun usando las mismas variables en el análisis, los resultados pueden variar grandemente, dependiendo del año base seleccionado y del método específico que se utilice.

Las observaciones que se obtienen de esta sección son las siguientes:

1) No es muy confiable tomar los valores absolutos de productividad, ya que hay una variación muy grande entre ellos, dependiendo del método utilizado, de los coeficientes de las elasticidades, de los métodos para estimar las participaciones de los factores, del año base seleccionado para las regresiones y para estimar el crecimiento de las variables.

2) Un resultado muy importante que nos es de gran utilidad es el hecho de que a pesar de tener valores absolutos de productividad muy diferentes, dependiendo del método de medición utilizado, se encontró una sorprendente uniformidad en la tendencia de la productividad en las 8 estimaciones. No podemos concluir en cuánto bajó o aumentó la productividad global, pero sí determinar si subió o bajó entre un año y otro.

3. Tomando los resultados del cuadro 34 podemos observar que la productividad global subió en 1969 y 1970, bajó en 1971, subió en 1972, bajó en 1973 y subió en 1974, 1975 y 1976, cada año con respecto a su año

/anterior

anterior. Tratando de explicarnos estas fluctuaciones, encontramos que la empresa presenta una aparente falta de control para manejar sus expansiones en forma productiva en el año de la puesta en marcha de la expansión, lo que nos hace suponer que existe un período necesario para llegar al funcionamiento efectivo de la empresa y a la utilización de la nueva capacidad. Es necesaria una nueva etapa de aprendizaje en cuanto al manejo de la planta con el equipo adicional, de las variaciones que puedan ocurrir con las condiciones de operación del proceso, de los aspectos administrativos al manejar más operaciones, crear nuevos programas de mantenimiento del equipo y maquinaria, entrenar personal nuevo si la expansión hace necesaria la contratación de personal adicional, problemas con el equipo auxiliar común como son calderas, bandas transportadoras de materia prima, etc.

Esto nos indica una experiencia abundante de aprendizaje en los años de expansión, pero con una contraparte en el corto plazo de un posible aumento en los costos y bajas en la productividad. Creemos que éste no es un resultado aislado y específico de esta planta, sino que podría generalizarse a un gran número de empresas.

En el caso de FYDSA, encontramos que:

a) La productividad global aumentó en 1969 y 1970 con respecto al año anterior de cada uno debido a que se estaba ganando experiencia en el manejo de una línea de producción; sin embargo, disminuyó en 1971 porque se ampliaron a dos líneas.

b) La productividad aumentó en 1972 con respecto a 1971 porque en este último año se había empezado a trabajar con 2 líneas (8 digestores) en lugar de una, y en 1972 ya se tenía un año y dos meses de experiencia en el manejo de la nueva capacidad de la planta.

c) La productividad bajó en 1973 con respecto a 1972 porque se expandió el tamaño de la planta a 3 líneas y se pasaba por la etapa de aprendizaje con esta capacidad (4 meses se trabajó con 3 líneas).

d) La productividad en 1974, con respecto a 1973, aumentó porque se trabajó únicamente con 2 líneas todo el año.

e) La productividad en 1976 con respecto a 1975 aumentó en todos los casos, debido a que ya se contaba con más experiencia en el manejo de 3 líneas.

/Habiendo

Habiendo terminado los análisis parciales de la productividad, trataremos ahora de analizar los resultados conjuntamente, utilizando los encontrados con los otros métodos de medición presentados en el apéndice de este trabajo.

Cuadro 35

PRODUCTIVIDAD GLOBAL

	K = Valor E.M.I. y L = # usando K, L, M, P.	K = H. D. T.; L = H. H. T. usando K, L, M, P.	K = Valor E.M.I.; L = # Usando K, L	K = H. D. T. L = H. H. T. Usando K, L.
1972 con 1971	1 ↑	3 ↑	3 ↓	1 ↓ 4 ↑
1973 con 1972	1 ↑	3 ↑	3 ↓	5 ↓
1974 con 1973	1 ↑	1 ↑ 2 ↑	3 ↓	5 ↑
1975 con 1974	1 ↑	3 ↓	3 ↑	5 ↑
1976 con 1975	1 ↑	3 ↑	3 ↑	5 ↑

**Nota:** Los números representan la cantidad de diferentes medidas o métodos de medición que se utilizaron.

Usando K, L, M, P. las diferencias fundamentales entre los dos métodos se dan en la productividad de 1974 y 1975 con respecto a 1973 y 1974, respectivamente. Esto es porque usando K = valor Eq. Maq. Inst. la productividad del capital aumentó este año (valor importante en inversión de la tercera sección que ya se había agotado y se está depreciando) en forma suficiente como para compensar la falta de productividad en materia prima; esta situación no fue la misma al cambiar la medida de capital a horas digestor efectivas trabajadas, ya que la productividad del capital en este caso no fue tan importante.

Cuando se usan los tres factores de producción K, L, M, P., es muy importante señalar el efecto dominante que juega la productividad de la materia prima<sup>12/</sup> en la determinación de la productividad total. Las

<sup>12/</sup> Utilizando la misma terminología que Bela Gold, llamaremos productividad de la materia prima al rendimiento, o sea cuántos kilogramos de fufural se obtienen por kilogramo de olote consumido. Al mencionar que aumentó la productividad de la materia prima es obvio que nos estaremos refiriendo a un aumento de la eficiencia en el uso o en la calidad que nos permita aumentar el rendimiento. Bela Gold, Technology, Productivity and Economic Analysis, OMEGA, Vol. 1, No. 1, 1973

límitantes tecnológicas varían de acuerdo a si el proceso o los procesos son: 1) "dominados por el trabajo" (los otros factores como capital o materia prima sólo se ajustan a lo requerido por este factor, por ejemplo, un artista); 2) "dominados por el capital" (la materia prima y la mano de obra se adecúan al funcionamiento del equipo y maquinaria en la producción del producto final, por ejemplo siderurgia integrada); 3) "dominados por la materia prima", (el capital y el trabajo sirven para ayudar en la producción del producto final, pero la parte importante en la obtención del producto lo lleva la materia prima, por ejemplo FYDSA).

La explicación fundamental de las diferencias en la productividad global entre los dos métodos es que: 1) en el caso en que usamos por capital el valor depreciado de equipo, maquinaria e instalaciones, estamos calculando la productividad de cada peso gastado en los rubros antes señalados, y cuando usamos las horas digestor efectivas trabajadas se analiza la productividad real del equipo por hora trabajada. Los resultados pueden ser completamente distintos entre estas dos formas de medición del capital, ya que se está queriendo medir dos cosas diferentes; por un lado, la productividad por peso gastado en equipo, maquinaria e instalaciones y, por el otro, la productividad o rendimiento del equipo por hora trabajada. Creemos que las dos mediciones son importantes, la determinación de cuál es más que la otra depende de los objetivos de la investigación. En el presente estudio nos interesa más la productividad del equipo por hora trabajada, ya que refleja mejor el aprendizaje que pudo haber ocurrido en la planta. Lo que queremos dejar bien claro es que no se puede usar indistintamente una medida en lugar de la otra o como aproximación de la otra, ya que el objetivo de cada una de estas variables es el estimar dos cosas diferentes.

En el caso en que usamos por mano de obra el número de obreros, peones y personal de planta en funciones técnicas, estamos calculando la productividad por empleado en la nómina de la planta, y cuando usamos por mano de obra las horas hombre efectivas trabajadas, estamos calculando la productividad o la eficiencia de la mano de obra donde se refleja más el esfuerzo productivo de los obreros y el aprendizaje. Nuevamente la primera medida se refleja indirectamente más en aspectos monetarios y la segunda en aspectos técnicos, los cuales pueden ser completamente diferentes, con lo que se sigue la misma argumentación del inciso anterior.

c) Capacidad y productividad global

En este apartado trataremos de buscar una explicación del por qué de las variaciones en la productividad global (K-H.D.T.; L-H.H.T.). Ya mencionamos el hecho de la aparente baja en la productividad durante los años de expansiones de la planta y el aumento de la misma en los años posteriores a la ampliación, características estrechamente relacionadas con el fenómeno de aprendizaje ocurrido en la empresa. Otra explicación adicional podría ser el porcentaje de utilización del equipo e instalaciones, por lo que pasaremos a analizar la relación entre estas dos variables.

Cuadro 36

RELACION ENTRE PRODUCTIVIDAD Y UTILIZACIÓN

	Productividad global	Utilización
1972 con respecto a 1971	↑	↑
1973 con respecto a 1972	↓	↓
1974 con respecto a 1973	↑	↓
1975 con respecto a 1974	↑	↑
1976 con respecto a 1975	↑	↑

Podemos concluir que existe una estrecha correlación entre estas dos variables a excepción de 1974, que se puede considerar como año atípico porque se trabajó sólo con 2 líneas, teniendo 3 ya construidas, y se usaron otras materias primas además del olote, haciendo más difícil de interpretar los cambios en la capacidad. Estas dos variables, a su vez, están muy relacionadas con las expansiones de la planta y con el aprendizaje. Hubiera sido deseable normalizar los datos para tomar en cuenta las diferencias en calidad de la materia prima (olote) a través del tiempo; sin embargo no se contaba con datos que nos permitieran hacer este ejercicio.

/Podríamos

Podríamos suponer, sin gran margen de error, que las diferencias entre la calidad del olote (a mayor agua en su contenido menor rendimiento) no son significativas, ya que no tenemos razones para creer lo contrario.

Para explicar los incrementos en la capacidad, en el cuadro 37 trataremos de estimar las contribuciones relativas del cambio tecnológico (mejoras hechas al proceso, a los equipos, procedimientos de operación, etc.) contra los incrementos en la escala de la planta.

Cuadro 37  
PRODUCCION POR HORA EFECTIVA, 1968 A 1976

(kg/h)

	Digestor <sup>a/</sup>	
1968	7.6	(1 línea)
1969	10.29	(1 línea)
1970	16.80	(1 línea 10 meses, 2 líneas 2 meses)
1971	13.95	(2 líneas)
1972	14.75	(2 líneas)
1973	12.30	(8 meses 2 líneas, 4 meses 3 líneas)
1974	12.56	(2 líneas)
1975	13.90	(2 meses 2 líneas, 10 meses 3 líneas)
1976	14.44	(3 líneas)

a/ Estos valores fueron tomados del cuadro 40.

El cálculo se hará de la siguiente manera:

El incremento total de la capacidad por hora de operación fue de 7.6 kg. a 3 líneas x 14.44 = 43.32 kg. de fundamental por hora de operación, por lo tanto el incremento total en la capacidad, en el periodo 1968-1976 fue de 43.32 - 7.6 = 35.72 kg. por hora de operación.

Este incremento se compone de dos partes: <sup>13/</sup>

13/ La estimación sigue la metodología usada por Philip Maxwell.

1) De los siguientes incrementos debidos a cambios tecnológicos o aumentos en la productividad global:

- i) 6.84 kg. por hora de operación en la sección uno. (14.44 - 7.6).
- ii) .49 kg. por hora de operación en la sección dos. (14.44 - 13.95).
- iii) .272 kg. por hora de operación en la sección tres. (14.44 - 14.168).

2) De los siguientes incrementos debidos a la instalación de nuevas secciones o aumentos en la escala de producción:

i) 13.95 kg. por hora de operación debido a la instalación de la segunda línea de producción.

ii) 14.168 kg. debido a la tercera línea de producción. (Este valor fue estimado descontando los dos meses en que se trabajó con 2 líneas en 1975 siguiendo estándares marcados por 1974 y se supuso que se hubieran trabajado 12 meses con 3 líneas bajo estándares de lo que se produjo en los 10 meses con 3 líneas).

Suponiendo que después de la instalación y puesta en marcha de cada una de las líneas los incrementos en producción que se originen posteriormente pueden ser adscritos al cambio tecnológico o aumento en la productividad global, pero que el incremento inicial en producción de cada una de las ampliaciones puede ser adscrito a cambios en la escala de producción, encontramos lo siguiente:

Del incremento total en los kilogramos por hora de operación (35.72) en el período 1968-1976, 7 602 kg. por hora de operación de dicho incremento se pueden asignar a cambio tecnológico (21.28%), y 28 118 kg. al cambio en la escala de producción (78.72%).

La identificación y descripción de algunos de estos cambios que permitieron el incremento en el volumen de operación, disminuyendo los costos por unidad, usando básicamente las mismas instalaciones y equipo (misma escala) son llamados "Cambios tecnológicos indirectos"<sup>14/</sup> y son en forma general los siguientes:

1) Optimización del proceso. i) cambios en el tiempo de duración de la reacción; ii) uso de diferente catalizador en la reacción de deshidratación; iii) resolución de algunos cuellos de botella (bandas transportadoras de materia prima, el suministro de vapor a los digestores se cambió

<sup>14/</sup> Samuel Hollander: (el efecto en los costos es indirecto debido a un incremento en la producción).



de forma continua a forma alternada para que las descomposturas en una línea no afectaran a las otras, etc.); iv) recirculación del líquido del residuo de olote que queda después de ser procesado, y v) cambios en las condiciones de operación, presión, temperatura, etc.

2) Mejoras y adaptaciones en la maquinaria y equipo (uso de diferentes filtros en los digestores, modificaciones al evaporador, etc.).

Con estos resultados confirmamos la existencia de una íntima relación entre cambio tecnológico y volumen de producción, por lo cual el tener una demanda insatisfecha o en expansión puede crear la condición necesaria para ser un campo propicio para que se origine este tipo de cambio tecnológico, cuyo objetivo sería el aumento en la producción.

En el período 1968-1972, FYDSA se enfrentó a una demanda insatisfecha, por lo cual su objetivo principal era aumentar la producción. En 1973 se lleva a cabo la segunda ampliación en la escala de producción, la cual llevaría a la empresa a satisfacer la demanda nacional. Sin embargo, por problemas ya comentados en el capítulo anterior con su principal cliente, PEMEX, la demanda nacional disminuye en 21.5% en ese año con respecto a 1972 y en 54.15% en 1974 con respecto al mismo año 1972. Esta situación obliga a la empresa a buscar mercados internacionales para su producto vendiendo en 1973 a Brasil y en 1974 a Estados Unidos parte de su producción, pero sin lograr vender lo suficiente como para utilizar altos porcentajes de su capacidad instalada, ya que no es sencilla ni inmediata la penetración y el conocimiento de los mercados de exportación. Dicha disminución en la utilización de la capacidad instalada provocó que aumentaran los costos unitarios de producción a precios constantes en 1968 y bajara la productividad global en 1973 y 1974 con respecto a 1972. (Véase el cuadro 38.)

Con los datos del cuadro 38 observamos una estrecha relación directa entre ventas nacionales, utilización de la capacidad y productividad global, y una relación inversa entre estas variables y el costo unitario de producción.

## Cuadro 38

## COSTO UNITARIO, PRODUCTIVIDAD Y VENTAS NACIONALES, 1972 A 1976

	Costo unitario de producción <u>a/</u>	Producti- vidad global	% de utiliza- ción de la capacidad	Ventas nacionales
1972 con respecto a 1971	↓	↑	↑	↑
1973 con respecto a 1972	↑	↓	↓	↓
1974 con respecto a 1973	↑	↑	↓	↓
1975 con respecto a 1974	↓	↑	↑	↑
1976 con respecto a 1975	↓	↑	↑	↑

a/ Precios constantes.

d) Productividad de los factores

En este apartado analizaremos las productividades de la mano de obra, del capital y de la materia prima, usando dos medidas para la mano de obra: a) las horas hombre efectivas trabajadas, y b) el número de obreros, peones y personal en funciones técnicas. Como medidas del capital: a) las horas digestor efectivas trabajadas, y b) el valor (en precios constantes, depreciado) de la maquinaria, equipo e instalaciones. Como medida del factor materia prima se usarán las cantidades consumidas de olote.

Generalmente se toma como indicación de la productividad de un país o de una empresa el producto obtenido por hora-hombre como medida de la eficiencia de las operaciones de producción o de la eficiencia del trabajo. Sin embargo, creemos que no es el indicador de la eficiencia de las operaciones de producción porque éstas constituyen un conjunto heterogéneo de:

- i) Personas con diferentes calidades técnicas y aptitudes;
- ii) Equipos, instalaciones y maquinaria;
- iii) Calidades y variedades de materias primas;
- iv) Operaciones técnicas y administrativas, y
- v) Productos.

/La heterogeneidad

La heterogeneidad es mayor a nivel macroeconómico, pero también es de importancia a nivel de planta, por lo que se tienen que tomar todos los productos y los insumos.

Tampoco creemos que sea el indicador de la eficiencia del trabajo, ya que en muchas ocasiones el numerador de la expresión (producto) aumenta por otras causas como son expansión de la planta, mejores insumos, modernización o renovación del equipo existente, etc., haciendo que la expresión Q aumente, pero esto no quiere decir que los obreros o el personal de la planta sean "más productivos" o más eficientes en su trabajo. <sup>15/</sup>

Teniendo en cuenta estas limitantes en los indicadores de productividad, viéndolos en forma aislada, consideramos necesario lo siguiente:

- a) Se deben cubrir las productividades de los insumos más importantes en la producción;
- b) Deben tomarse en consideración los cambios en las proporciones del uso de los factores de producción.

Para cumplir con lo anteriormente señalado empezaremos calculando la productividad promedio de la mano de obra.

1) Productividad de la mano de obra. En la parte 5 de este capítulo presentamos en el cuadro 23 los datos estimados de las horas hombre efectivas trabajadas (ajustadas por vacaciones, paros, horas subempleadas). <sup>16/</sup> Utilizando estos valores y los de la producción en kilos, tenemos la productividad "aparente" promedio de la mano de obra:  $P.P. L_1 = \frac{Q}{H.H.T.}$

- <sup>15/</sup> Podría aumentarse también la relación Q/L, al efectuarse una renovación en el equipo que fuera desplazadora de mano de obra, lo que hace que aun permaneciendo constante Q, el número de unidades L fuera menor.
- <sup>16/</sup> Se consideró un promedio de 10 días hábiles al año de vacaciones por trabajador. El 60% del tiempo total de paros se consideró como mantenimiento y el restante se le quitó a las horas efectivas de trabajo. A los años de expansiones de la planta se les estimó un número adicional de horas de trabajo efectivo, ya que se utilizó el personal de planta. En los años en que se trabajó con menos líneas de producción con el mismo número de empleados, se descontó un porcentaje de subocupación de las horas efectivas.

En la misma forma calculamos la P.P.L., pero tomando el número de empleados en planta con datos del mismo cuadro 23.  $P.P. = \frac{Q}{L}$   
 (Véase el cuadro 39.)

Cuadro 39

PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LA MANO DE OBRA

	$\frac{Q}{H.H.T}$	%	$\frac{Q}{L}$	%	Q	%
1970	11.00	100	14 843	100	653 071	100
1971	11.07	101	16 250	110	893 721	137
1972	12.65	115	21 107	142	949 819	145
1973	11.52	105	16 267	110	943 503	144
1974	14.10	128	14 571	98	845 129	129
1975	15.40	140	22 895	154	1 305 000	200
1976	16.70	152	25 333	171	1 469 816	225

11) Productividad del capital. En el cuadro 23 se presentan las horas digestor efectivas trabajadas y se habla de la justificación de usar esta medida. En el mismo cuadro se presentan los datos del valor en maquinaria, equipo e instalaciones como otra medida del capital;<sup>17/</sup> en esta sección se presentan las productividades promedio "aparentes" de las dos medidas, donde:

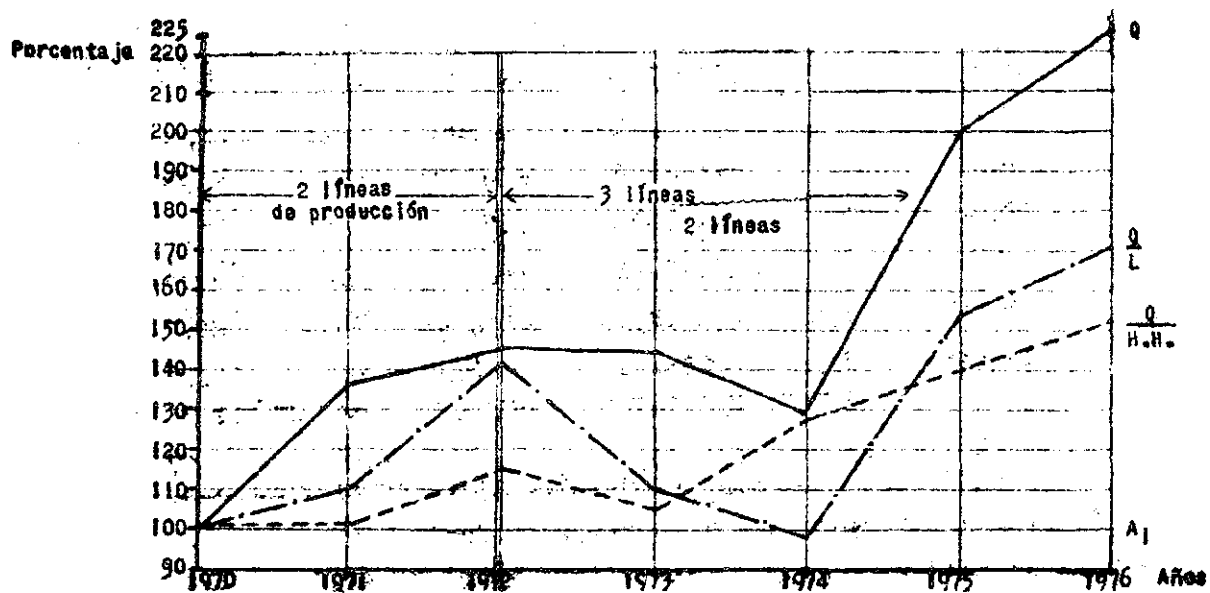
$$P.P._{K_1} = \frac{Q}{H.D.T.}; P.P._{K_2} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{valor E.M.I}}; U = \text{Utilización de la capacidad de producción.}$$

(Véase el gráfico 11 y el cuadro 40.)

<sup>17/</sup> Las horas digestor fueron calculadas tomando en cuenta el mes en el que empezaron a funcionar las instalaciones originales y las ampliaciones. El valor del equipo, maquinaria e instalaciones fue deflacionado y depreciado al 15% anual y las instalaciones al 10%.

Gráfico 11

PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LA MANO DE OBRA



Cuadro 40

## PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DEL CAPITAL, 1970 A 1976

	P. P. $K_1$	%	P. P. $K_2$	%	Q%	U%	%
1970	16.80	100	.092383	100.00	100	100.26	100.00
1971	13.95	83	.1699882	184.00	137	75.49	75.29
1972	14.75	88	.1264664	136.90	145	80.23	80.02
1973	12.30	73	.1460688	158.10	144	71.60	71.41
1974	12.56	75	.0893411	96.70	129	71.38	71.19
1975	13.90	83	.1241252	134.35	200	82.31	82.10
1976	14.44	86	.1238005	134.00	225	92.67	92.43

Para el cálculo de P. P.  $K_2$  se utiliza en el numerador la capacidad de producción en lugar de los kilogramos producidos realmente, con el objeto de poder diferenciar entre las contribuciones a la productividad proveniente de los bienes de capital y hasta qué punto estos últimos pueden ser subutilizados debido a presiones del mercado.<sup>18/</sup>

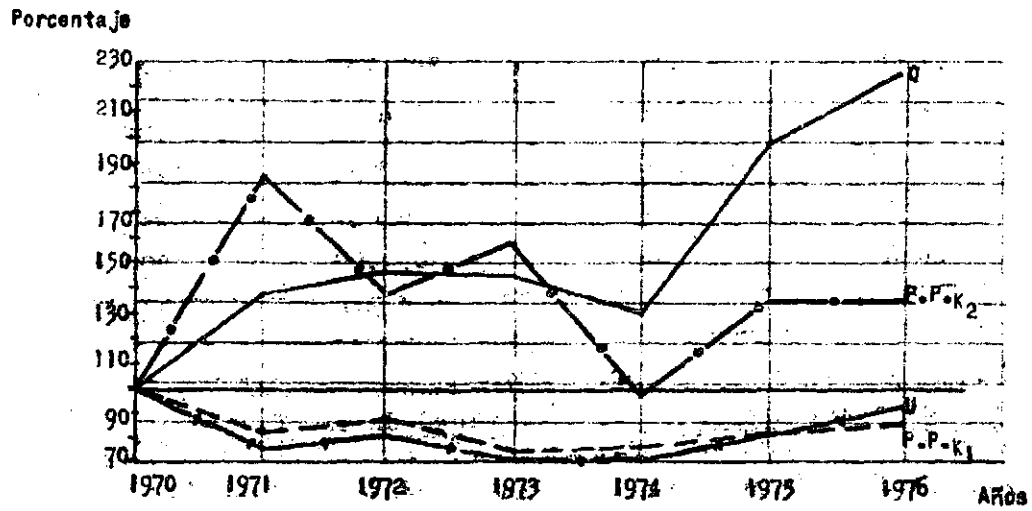
iii) Productividad de la materia prima. En este capítulo ya se había mencionado que el proceso utilizado en esta empresa era "materias primas dominante", por lo cual es muy importante lo que pasa en este factor de producción para determinar la eficiencia de la empresa.

Se tomó el olote como medida de la materia prima por el alto porcentaje que representa el promedio total de los costos por este concepto (85%). Se ajustó la producción de furfural descontando la cantidad obtenida en 1973 y 1974, usando otras materias primas diferentes del olote (5 583 y 28 133 kgs., respectivamente). (Véase el gráfico 12 y el cuadro 41.)

<sup>18/</sup> Esta forma de medición se obtuvo siguiendo las argumentaciones de Bela Gold. Technology, Productivity and Economic Analysis, op. cit.

Gráfico 12

EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DEL CAPITAL



Cuadro 41

## PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LA MATERIA PRIMA (OLOTE), 1970 A 1976

	P. P. M. P.	%	Q	%
1970	.0891	100	653 071	100
1971	.0803	90	893 721	137
1972	.0905	102	949 819	145
1973	.0822	92	937 920	144
1974	.074	83	816 896	125
1975	.0713	80	1 305 000	200
1976	.0707	79	1 469 316	225

e) Resumen y conclusiones de la productividad de los factores

1) Resumen y conclusiones usando  $K = H.D.T.$  ;  $L = H.H.T.$  ;  $MP.$  En el cuadro 42 y el gráfico 13 presentamos algunos resultados en forma conjunta.

## Conclusiones:

1. La productividad promedio "aparente" de la mano de obra mantiene una tendencia ascendente a lo largo del período sin embargo, la tendencia de la productividad o la eficiencia de la planta es ligeramente descendente. El factor trabajo no constituye un elemento importante en el proceso de esta planta; la tendencia ascendente de  $PP_{Li}$  se debe básicamente a que el número de empleados y horas hombre efectivas trabajadas se ha mantenido relativamente constante (o sea, el denominador de la relación  $Q/L$ ); sin embargo, la producción ha ido en aumento (numerador de  $Q/L$ ).

Creemos que el personal directivo de la empresa no sabía con precisión cuál era el número de empleados necesarios para manejar con eficiencia la planta, por lo cual la empresa pudo ser operada con el mismo número de empleados cuando se aumentó la escala de operaciones con equipo básicamente idéntico al anterior (no más automatizado), por lo que suponemos que había horas subempleadas cuando se trabajaba con escalas menores que la actual.



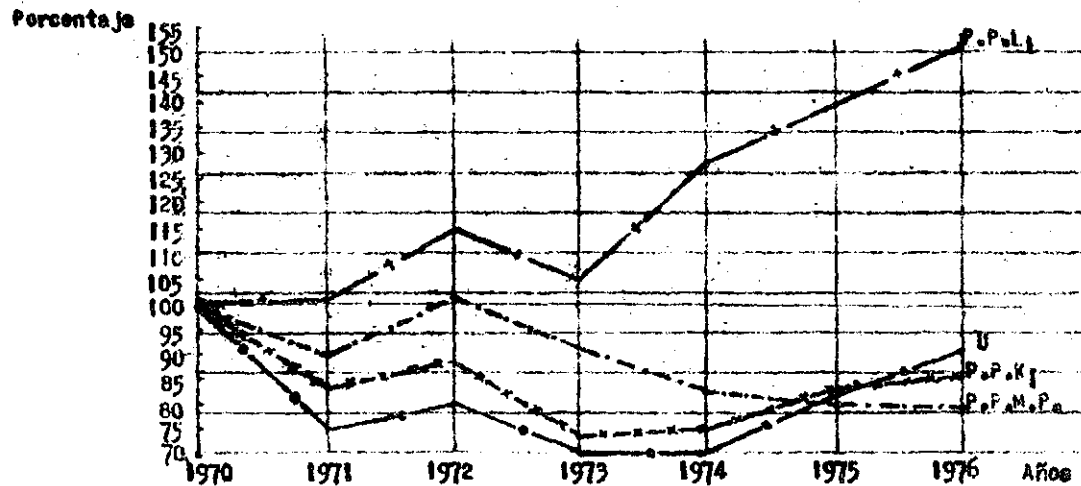
Cuadro 42

**PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LOS FACTORES**

AÑOS	U%	P.P.L <sub>1</sub> %	P.P.K <sub>1</sub> %	P.P.M.P.%	Cambio en la productividad de factores y total				TOTAL (K,L,M,P)	
					Años	P.P.L <sub>1</sub>	P.P.K <sub>1</sub>	P.P.M.P.	P.T.	U
1970	100	100	100	100						
1971	75	101	83	90	1971 con respecto a 1970	↑	↓	↓		↓
1972	80	115	88	102	1972 1971	↑	↑	↑	3↑	↑
1973	71	105	73	92	1973 1972	↓	↓	↓	3↓	↓
1974	71	128	75	83	1974 1973	↑	↑	↓	1↓2↑	↓
1975	82	140	83	80	1975 1974	↑	↑	↓	3↓	↑
1976	92	152	86	79	1976 1975	↑	↑	↓	3↑	↑

Gráfico 13

**EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LOS FACTORES**



En la escala de producción se notan claramente las bajas en la productividad en los años de puesta en marcha de las ampliaciones.

2. La productividad promedio "aparente" del capital presenta una tendencia ligeramente descendente, con una correlación muy estrecha con la utilización de la planta.

Nuevamente se identifica una disminución en la productividad del capital en los años de puesta en marcha de las ampliaciones de la planta y una recuperación en los años posteriores, sin llegar a los niveles alcanzados en plantas más pequeñas. Esto puede deberse a que no se han hecho inversiones importantes para reparar adecuadamente o renovar los equipos y la maquinaria que ya les está causando problemas, sino que han seguido una política de "parches" o arreglos del equipo para resolver la situación a corto plazo. La explicación del por qué han seguido esta política se analizará posteriormente en la sección de inversiones y productividad.

3. La productividad promedio "aparente" de la materia prima presenta, a lo largo del período, una tendencia negativa con una sola alza importante en 1972. En términos generales se podría considerar que se sigue la misma conclusión con respecto a la baja de productividad en los años de expansión de la planta y un aumento en años subsecuentes; esto se ve muy claro en los años 1970-1972 (pasó de una a dos líneas de producción), sin embargo, al iniciarse la línea tres se presenta una disminución apreciable en la productividad sin el alza en los años posteriores, pero sí una recuperación en la pendiente o inclinación de la tendencia a la baja de la productividad. (Véase el gráfico 14.)

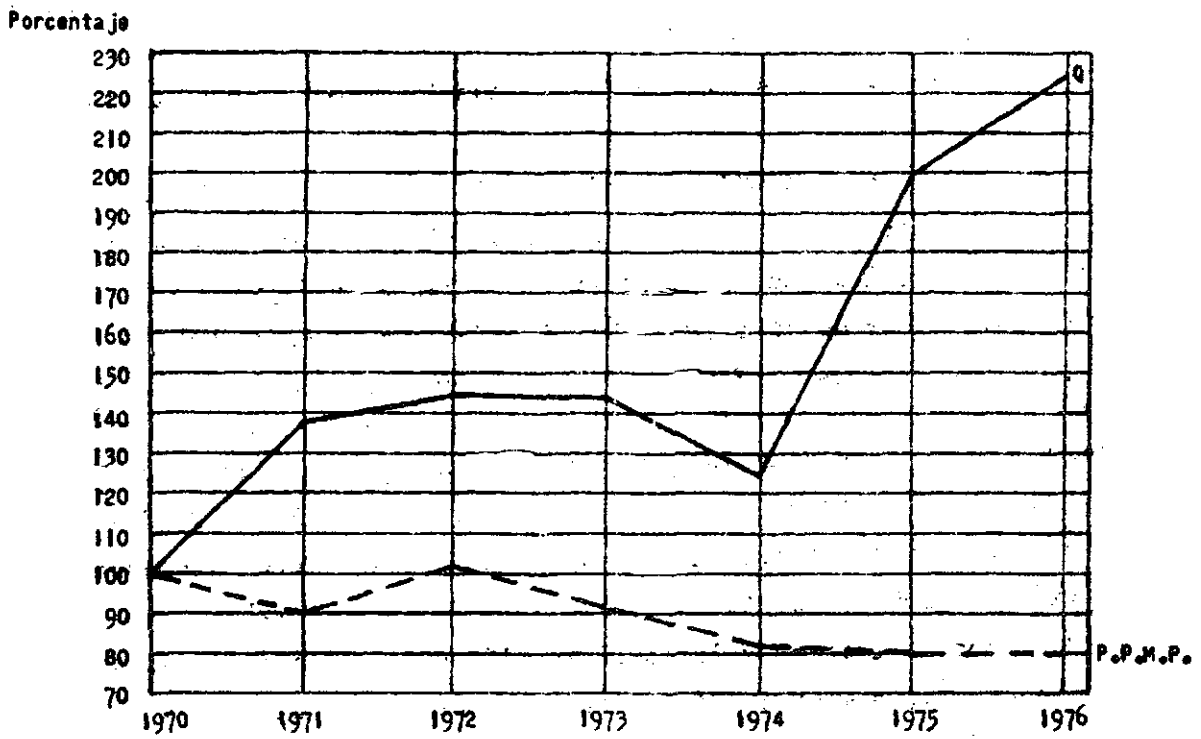
Por ser una empresa con un proceso "materia prima dominante", lo que pasa con la productividad de este factor es determinante para la eficiencia de la planta.

Entre los elementos explicativos de esta disminución de la productividad, además del mencionado de la aparente ineficiencia en las expansiones de la capacidad, podemos mencionar los siguientes:

á) Posible disminución en la calidad del olote (más húmedo);

Gráfico 14

EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LA MATERIA PRIMA



b) Falta de inversión en los equipos, maquinaria e instalaciones, lo cual ha originado fallas en los equipos y, por consecuencia, en el rendimiento de la materia prima (kilos de furfural por kilos de olote usado).

c) Problemas con el equipo auxiliar por ser, en ocasiones, insuficiente (calderas, banda transportadora, torres de enfriamiento de agua), o su operación ineficiente.

d) Requerimientos más estrictos en la calidad de furfural (eliminar agua, impurezas), lo que origina que se obtengan menos kilos de furfural por kilo de olote consumido.

4. Cambios en la productividad de los factores y en la productividad total.

Hasta 1973 coinciden los cambios en la productividad de los factores con los 3 cálculos efectuados para la productividad global tomando K, L y MP; 1974 es un año difícil de concluir algo, ya que es atípico.

En 1975 la productividad global disminuye a pesar de haber aumentado la  $PPK_1$  y la  $PP_{L_1}$ . Esto se debe a que la disminución en la PP. M. P. fue suficientemente importante como para contrabalancear los efectos positivos de los otros dos factores. En 1976 la disminución en P.P.M.P. fue muy pequeña, por lo que los aumentos en los otros dos factores "jalaron" la productividad global a positiva.

En estos últimos años la participación de los factores en la producción ha cambiado, aumentando la importancia de la materia prima. En la sección VI analizaremos estos cambios.

ii) Resumen y conclusiones usando K - valor Eq. Maq. Inst. ;  
L = número de obreros, peones y personal técnico en planta. En el cuadro 43 y el gráfico 15 presentaremos algunos resultados en forma conjunta.

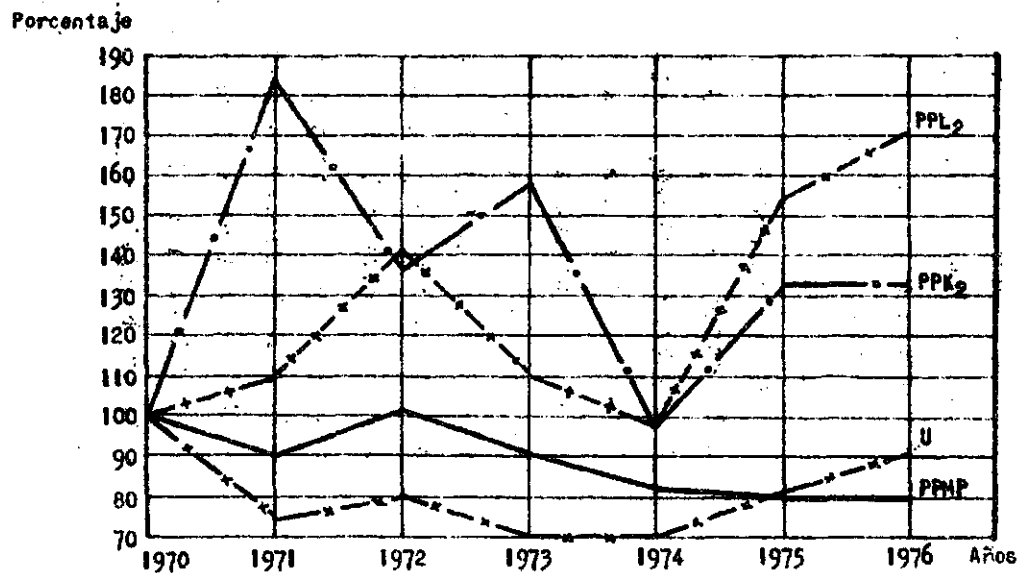
Cuadro 43

PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LOS FACTORES

AÑOS	G.L.P.	P.N.L.%	PPK <sub>2</sub> %	PPMP%	Cambio en la productividad de los factores y total.					
					Años	PPL <sub>2</sub>	PPK <sub>2</sub>	PPMP	P.T.	U
1970	100	100	100	100						
1971	87.5	109	184	90	1971 con respecto a 1970	↑	↓	↓		↓
1972	80	142	137	102	1972	↑	↑	↑	3 ↑	↑
1973	71	110	158	92	1973	↓	↓	↓	3 ↓	↓
1974	71	98	97	83	1974	↑	↑	↓	1 ↓ 2 ↑	-
1975	82	154	134	80	1975	↑	↑	↓	3 ↓	↑
1976	92	171	134	79	1976	↑	↑	↓	3 ↑	↑

Gráfico 15

PRODUCTIVIDAD DE LOS FACTORES



/Conclusiones:

**Conclusiones.**

1. La productividad promedio de la mano de obra nos indica la producción obtenida por persona en la nómina de la planta; se refleja el hecho señalado anteriormente de que la  $PP_{L2}$  es menor en los años de expansión que en los subsiguientes. La tendencia general es al aumento.

2. La productividad del capital nos mide en este caso la eficiencia (en términos de producto) de cada peso erogado en la compra de bienes de capital, pero no la eficiencia del equipo, maquinaria e instalaciones en sí mismo.

El aumento de  $PPK_2$  en 1971 se debe a que las erogaciones importantes del cambio de escala de producción (una a dos líneas) se hicieron en el transcurso de 1970, y el de 1973 (dos a tres líneas) a que las erogaciones se efectuaron en el transcurso de 1972. Esto hace que un año antes de la puesta en marcha de las expansiones la  $P.P.K_2$  disminuya (Q no aumenta aun y K sube bastante) y que en los años de puesta en marcha de las ampliaciones aumenta (Q aumenta y K sube muy poco o incluso puede disminuir porque el equipo ya se empieza a depreciar). En 1974 se trabajó con 2 líneas, teniendo 3 instaladas; se hizo además una fuerte erogación en este año para poder poner en marcha las 3 líneas en 1975.

3. Todo parece indicar que los factores que determinan la productividad total en este caso ( $K = \text{Valor E.M.I}$  y  $L = \# \text{ empleados planta}$ ), son: la utilización de la planta, la productividad promedio de la mano de obra y la productividad promedio de la materia prima.

f) Participación del costo de los factores en el valor de lo producido  
(Véase el cuadro 44.)

En este apartado se intentará medir la participación del costo de los factores en el valor de lo producido, tomando precios constantes de 1970 y precios corrientes.

La participación del costo de la mano de obra y de la materia prima podrá calcularse con más precisión debido a que contamos con más información

Cuadro 44

## PARTICIPACION DEL COSTO DE LOS FACTORES EN EL VALOR DE LO PRODUCIDO

Años	Valor de lo producido		Mano de Obra		Materia Prima		(otros factores)	
	V.P.p.c. 1970	V.P. p.c.	M.O.p.c. 1970	M.O. p.c.	M.P.p.c. 1970	M.P.p.c.	Kp. c. 1970	K. p. c.
1970	3'983 733	3'983 733	700 000	700 000	1'099 596	1'099 596	2'184 137	2'184 137
1971	5'451 698	6'470 540	875 000	894 306	1'673 627	1'781 334	2'900 071	3'794 900
1972	5'793 896	7'085 650	715 909	1'030 164	1'571 366	1'984 302	3'506 621	4'071 184
1973	5'755 368	6'547 911	922 727	1'039 372	1'714 452	2'259 274	3'118 189	3'249 315
1974	5'155 287	14'316 485	922 727	2'163 676	1'656 458	4'285 746	2'576 102	7'867 063
1975	7'260 500	24'638 400	906 818	3'221 013	3'156 506	7'156 506	3'897 176	13'752 371
1976	8'262 828	27'623 141	922 727	4'439 594	3'148 095	10'709 620	4'892 006	12'473 927

Años	Part. M.P. (pilote consumido)				Part. M.O. (en planta)				Part. K (otros factores)			
	P. 1970	%	Pc	%	P. 1970	%	Pc	%	P. 1970	%	P.c.	%
1970	27.50	100.	27.60	100	17.57	100	17.57	100	54.83	100	54.83	100
1971	30.7	111.23	27.53	99.75	16.05	91.35	13.82	78.66	53.25	97.12	58.65	106.97
1972	27.12	98.26	28.00	101.47	12.36	70.33	14.54	82.75	60.52	110.38	57.46	104.80
1973	29.99	107.93	34.50	125.01	16.03	91.25	15.87	90.03	54.18	98.81	49.63	90.52
1974	32.13	116.42	29.94	108.46	17.90	101.87	15.11	86.02	49.97	91.13	54.95	100.23
1975	39.65	143.67	31.11	112.72	11.39	64.83	13.07	74.41	48.96	89.29	55.82	101.81
1976	35.12	127.26	38.79	140.47	10.3	58.59	16.07	91.47	54.58	99.54	45.16	82.36

DONDE: Part. M.P. =  $\frac{\text{Cantidad M.P.} \times \text{Precio M.P.}}{\text{producción} \times \text{precio de venta}}$

Part. M.O. =  $\frac{\text{Cantidad M.O.} \times \text{precio M.O.}}{\text{producción} \times \text{precio de venta}}$

Part. K (otros factores) = 100% - Part. M.P. - Part. M.O.

al respecto, sin embargo no nos fue posible determinar con más detalle la participación del capital debido a falta de datos, por lo que la tomaremos como "residuo"<sup>19/</sup> o todos aquellos elementos que no son mano de obra en planta y clote consumido como medida de materia prima (valor de lo producido-costos de mano de obra en planta-costos de materia prima). (Véanse los gráficos 16 y 17.)

De los cuadros y gráficas mencionados podemos llegar a algunas conclusiones:

1. Se observa una tendencia ascendente en la proporción o participación del costo de la materia prima en el valor de la producción.

El crecimiento promedio de 1970 a 1976 de la participación de la materia prima ha sido, en términos monetarios, de 12.54%, y el crecimiento en términos reales (precios constantes), ha sido de 14.96%, lo que nos indica que a pesar del aumento en precios de este factor, esto no ha motivado alguna innovación en los equipos, proceso, insumos o producto que permitan una sustitución de este insumo o no se ha logrado mejorar la eficiencia en el uso del mismo. Existe una correlación negativa muy importante entre los cambios en la productividad del factor y los cambios en su participación en el valor de lo producido.

El crecimiento (a lo largo del período) de la materia prima en términos reales y monetarios ha sido mayor que el crecimiento en el valor de lo producido usando los mismos términos (186% y 87% contra 125% y 593%, respectivamente).

Este es un área que deberá ser motivo de innovaciones o cambios tecnológicos para mejorar la situación, tanto por la importancia de este factor como por su tendencia (en valores reales y monetarios).

2. La participación del costo de mano de obra ha tenido una tendencia descendente en el período analizado; ha decrecido en promedio un 13.77% en términos monetarios. A pesar de esto ha tenido un decrecimiento aún mayor en términos reales de 17.42%.

Esto nos indica: a) la posible existencia de capacidad ociosa en fuerza de trabajo (subempleo) y que a lo largo del período se ha utilizado más eficientemente este factor; b) la mano de obra juega un papel muy

<sup>19/</sup> Dentro de este residuo se encuentran: utilidades, depreciación de bienes de capital, pagos a personal administrativo, gastos administrativos, otras materias primas que no sea olote, pagos de pasivo, etc.



Gráfico 16

PARTICIPACION DEL COSTO DE LOS FACTORES EN EL VALOR DE LO PRODUCIDO.

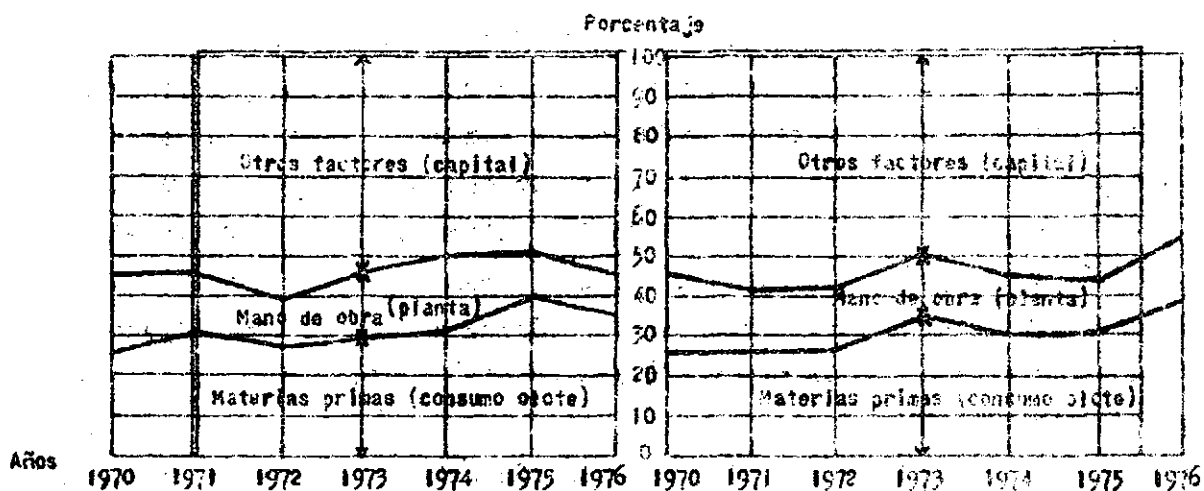
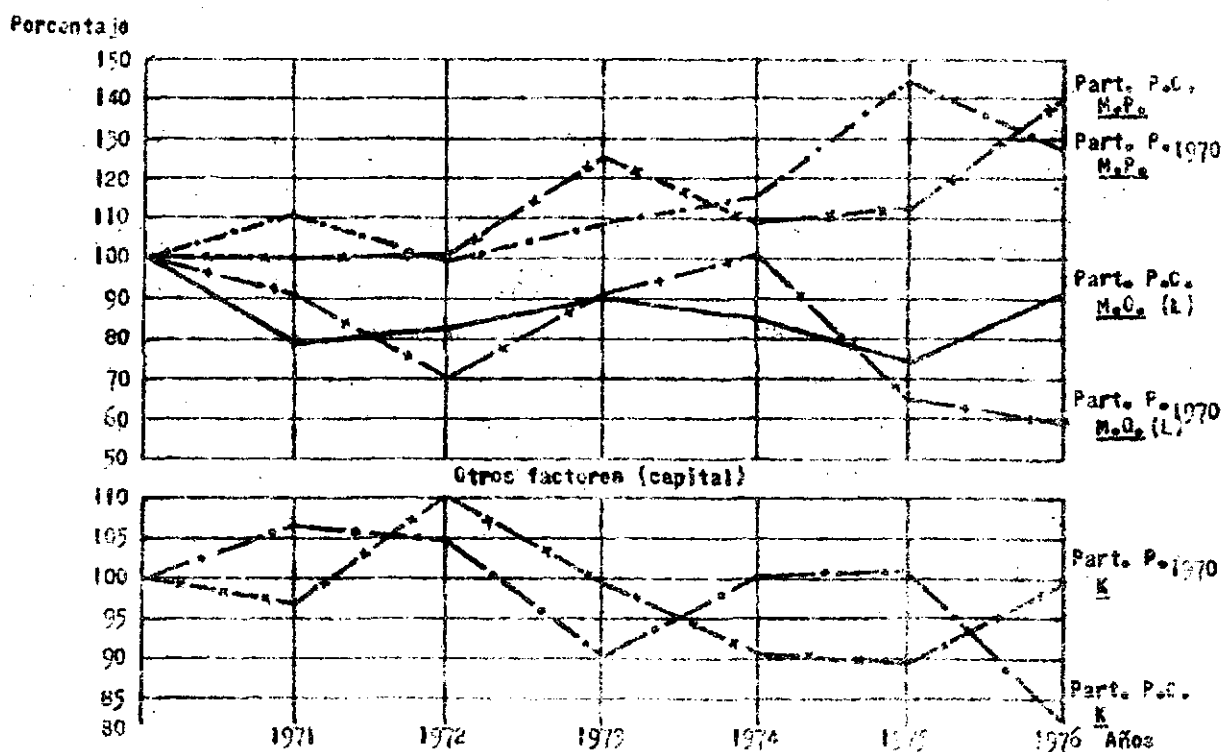


Gráfico 17

EVOLUCION DE LA PARTICIPACION DEL COSTO DE LOS FACTORES EN EL VALOR DE LA PRODUCCION

(M.P., M.O.)



secundario en el proceso de esta planta (ya habíamos mencionado con anterioridad que el proceso de esta planta es "materias primas dominante"), con nulas posibilidades de sustitución de la materia prima por trabajo. La participación de la materia prima no ha aumentado porque se hayan efectuado innovaciones para sustituirla por mano de obra (la cual ha disminuido), sino porque se ha trabajado ineficientemente la materia prima en los últimos años y más eficientemente la mano de obra; además, en caso de ser posible, esta sustitución sería ilógica ya que el crecimiento en términos monetarios de la materia prima (874%) ha sido mayor que el de la mano de obra (534%).

Existe nuevamente una alta correlación negativa entre la productividad de este factor y su participación en el valor de lo producido.

Su crecimiento en términos reales ha sido de 25% contra 125% que ha sido el del valor de lo producido en los mismos términos.

3. La participación del costo de otros factores (capital, etc.) ha permanecido prácticamente constante.

Ha decrecido en términos de valor 1.9% y en términos reales 1.95%.

El crecimiento de estos "otros factores" ha sido en términos monetarios y reales muy similar al del valor de lo producido (471% y 124%, contra 593% y 125%).

Para analizar el uso de los factores o la "proporción de los factores" presentaremos, además del análisis anterior de costos, el cuadro 45 y el gráfico 18.

Es importante analizar los cambios en las proporciones en que los insumos son utilizados para poder identificar las sustituciones que puedan ocurrir entre ellos (integración vertical de operaciones que nos permita producir un insumo en lugar de comprarlo, reemplazar mano de obra con equipo más automatizado, etc.), y para diferenciar cambios en las productividades entre insumos muy importantes, así como identificar las interacciones entre productividad, cambio en el precio de los factores y cambios en la proporción en que los factores son utilizados.

En el gráfico 18 podemos observar:

Cuadro 45

## PROPORCION DE LOS FACTORES

	$\frac{M.P. \text{ a/}}{H.H.T.}$	%	$\frac{M.P. \text{ b/}}{H.D.T.}$	%	$\frac{H.H.T. \text{ c/}}{H.D.T.}$	%	$\frac{M.P. \text{ d/}}{L \text{ d/}}$	%	$\frac{M.P. \text{ e/}}{A.U.F.I.}$	%	$\frac{A.U.F.I. \text{ i.}}{I.}$	%
1970	123.2	100.0	188.5	100	1.53	100	166 582.8	100.0	1.037	100.0	160 658	100.0
1971	137.8	112.0	173.7	92	1.26	82	202 424.0	121.5	2.118	204.2	95 593	59.5
1972	139.8	113.4	163.0	86	1.17	76	233 310.0	140.0	1.398	134.8	166 904	103.9
1973	139.3	113.0	148.8	79	1.07	70	196 728.0	118.0	1.766	170.3	111 369	69.3
1974	184.3	149.0	164.0	87	0.89	58	190 444.0	114.0	1.168	112.6	163 085	101.5
1975	215.9	175.0	194.7	103	0.90	59	320 940.0	192.7	1.740	167.8	184 450	114.8
1976	236.4	192.0	204.4	108	0.86	56	358 541.0	215.0	1.752	169.0	204 621	127.4

a/ Materia prima (olote).

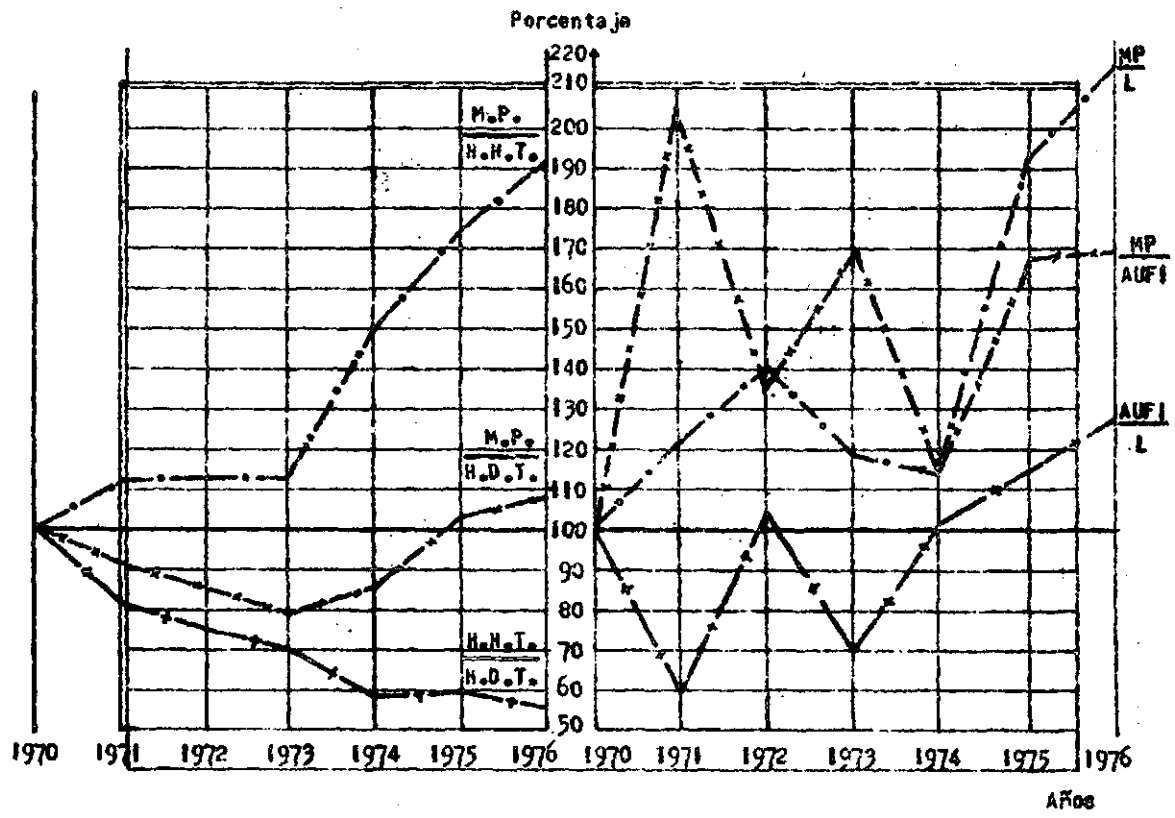
b/ Horas digestor trabajadas.

c/ Horas-hombre trabajadas.

d/ Número de empleados en planta.

e/ Utilización activa de equipos, maquinaria e instalaciones; = (producción/capacidad) x valor equipo, maquinaria, instalaciones. Siguiendo a Bela Gold se utiliza este concepto en lugar del valor de equipo, maquinaria e instalaciones, para diferenciar las contribuciones a productividad por los bienes de capital y el grado de subutilización de los mismos debido a presiones del mercado.

Gráfico 18  
 PROPORCION DE FACTORES



a) Un incremento en el uso de la materia prima con respecto a la mano de obra, ya sea usando horas-hombre o número de empleados en planta.

Esta sustitución ocurre a pesar del aumento mucho mayor en el precio del factor materia prima, en relación al aumento en la mano de obra. El incremento en la proporción materia prima-mano de obra ocurre principalmente en los años en que disminuye la productividad "aparente" de la materia prima. Una explicación factible de este hecho la encontramos en el libro de Bela Gold: "Aumentos en los precios de los factores pueden generar respuestas innovativas tendientes a ahorrar mano de obra más que materia prima, ya que los propósitos generales de esfuerzos innovativos como la mecanización parecen ser más fácilmente aplicables a insumos de mano de obra que a reemplazar aspectos muy particulares en las propiedades físicas y químicas de la mayoría de las materias primas usadas en la industria". FYDSA ha realizado esfuerzos innovativos importantes para utilizar otra materia prima diferente del olate en 1973, 1974 y 1977, por las siguientes razones: 1) en 1973 y 1974 se utilizaron otras materias primas debido a la escasez de maíz (por consecuencia de olate) en el área y en el país (aunado al hecho de que sólo hay dos ciclos para sembrar y recoger las siembras al año y existe una gran dispersión para coleccionar el olate), y 2) en 1977 se están haciendo pruebas con otra materia prima que sirva de experiencia para la nueva planta de Xicoténcatl.

Los resultados de estas pruebas en comparación con el olate indicaron que debido a la naturaleza de los equipos, la localización geográfica de la planta y el rendimiento superior del olate (kilos de furfural por kilos de olate), se debería seguir trabajando con olate.

b) Una tendencia al incremento en el uso del capital, en relación con la mano de obra (más marcado en el caso de horas-hombre y horas digestor como medidas de L y K respectivamente). Esta sustitución de capital por mano de obra puede significar el traspaso de tareas que antes hacía la mano de obra a los bienes de capital, lo que puede requerir capital adicional creando el efecto de aumentar la productividad "aparente" de la mano de obra y reducir la del capital, incrementando los gastos de depreciación por unidad de producto a iguales niveles de producción.

/c) No hay

c) No hay una tendencia definida de la relación K-MP, cuando ésta es medida en unidades físicas. Cuando por capital se toma la "utilización activa de equipo, maquinaria e instalaciones" contra materia prima, encontramos una ligera tendencia al aumento, en cuanto al uso de la materia prima, con fluctuaciones muy grandes de año en año, marcada en forma dominante por la productividad de la materia prima en relación inversa a su utilización, siguiendo la tendencia antes mencionada en cuanto a la ineficiencia total de la planta en los años de expansiones y su recuperación en años subsiguientes, a excepción de 1975 y 1976, donde el capital aumenta su productividad pero la materia prima la disminuye, originando un aumento en el uso de la materia prima y disminución en el del capital. Existe una correlación positiva entre las productividades del capital (H.D.T.) y materia prima de 1970 a 1973, pero después de este año no es posible encontrar esta correlación.

Para terminar esta sección presentamos como cuadros y gráficas complementarias las proporciones de los factores por kilo producido de furfural. (Véanse el cuadro 46 y los gráficos 19 y 20.)

#### g) Productividad e inversión

En esta sección hablaremos de la relación inversión-productividad, de la decisión de invertir a nivel microeconómico y de las interacciones entre FYDSA y la nueva planta de Xicoténcatl, las cuales han influenciado el cambio tecnológico y la productividad de FYDSA.

1) Inversión y productividad. En general, en estudios industriales se encuentra una correlación positiva entre inversión y productividad debido a que los bienes de capital que se incorporan tienen características tecnológicas superiores a los anteriores o "cambio tecnológico incorporado en los equipos".

En el caso de la empresa analizada en esta investigación, se ha encontrado que la correlación entre estas dos variables ha sido negativa en los años de puesta en marcha de las inversiones. Esto es debido a que la inversión efectuada ha consistido en bienes de capital con las mismas características tecnológicas que los anteriores, a problemas con el equipo

Cuadro 46

RELACIONES CAPITAL-PRODUCCION, MANO DE OERA-PRODUCTO Y  
MATERIAS PRIMAS-PRODUCTO

	K=H. D. T. $K_1/Q$	L=H. H. T. $L_1/Q$	M. P. <u>a/</u> MP/Q	$K_2$ <u>b/</u> $K_2/Q$	$L_2$ <u>c/</u> $L_2/Q$
1970	.0595	.091	11.223	10.796	.0000567
1971	.0717	.0904	12.453	7.793	.0000470
1972	.0678	.0791	11.050	9.356	.0000411
1973	.0813	.0868	12.165	9.562	.0000541
1974	.0796	.0709	13.514	15.68	.0000603
1975	.0719	.0649	14.025	9.788	.0000391
1976	.0693	.0599	14.144	8.716	.0000347

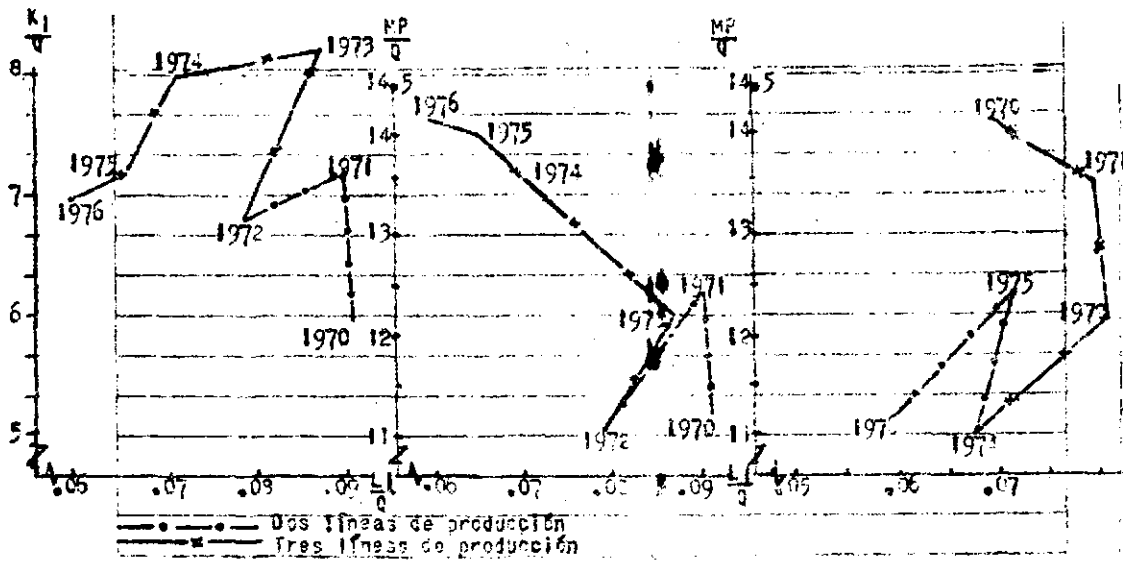
a/ Orote.

b/ Maq. Inst. Eq.

c/ Empleados.

Gráfico 19

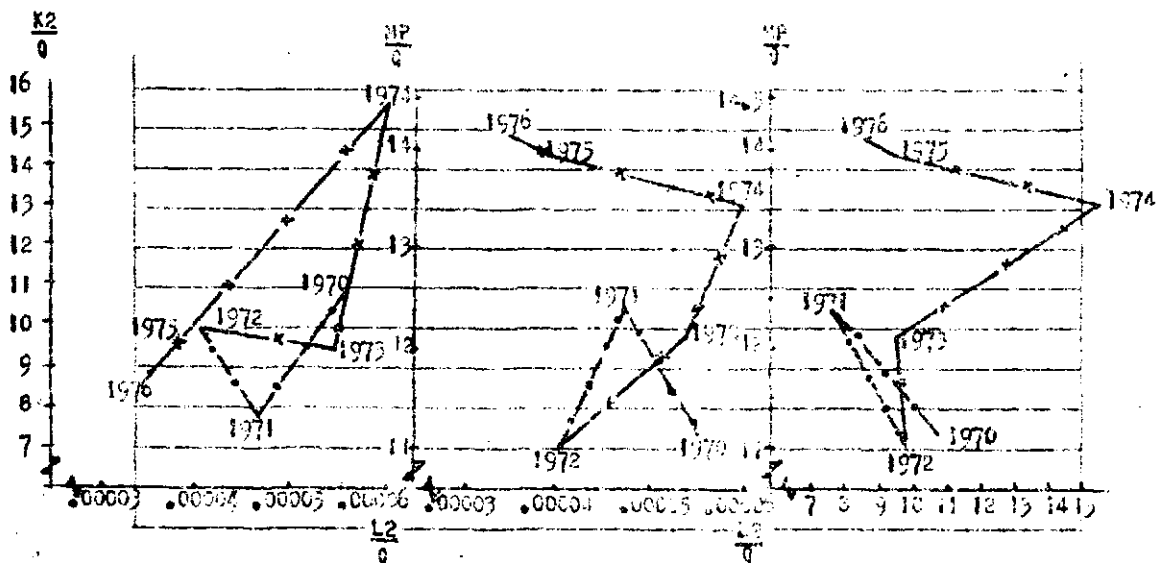
PROPORCION DE LOS FACTORES MANO DE OBRA, CAPITAL Y MATERIA PRIMA EN EL TOTAL DE LA PRODUCCION



Donde:  $K_1$  = H.D.T.;  $L_1$  = H.M.T.; M.P. = Olote

Gráfico 20

PROPORCION DE LOS FACTORES MANO DE OBRA, CAPITAL Y MATERIA PRIMA EN EL TOTAL DE LA PRODUCCION



Donde:  $K_2$  = Eq. Maq. Inst.;  $L_2$  = # de empleados en planta; M.P. = Olote



auxiliar y a que se entra en nuevos periodos de aprendizaje en el manejo de la planta con volúmenes mayores de operaciones (técnicas y administrativas).

11) Decisión de invertir a nivel microeconómico. Los modelos macroeconómicos generalmente asignan un peso muy importante a la tasa de interés como determinante del nivel de inversión.

La empresa puede procurarse fondos de tres fuentes:

- a) usando fondos internos;
- b) vendiendo bonos (deuda), y
- c) emitiendo acciones.

La tasa de interés o costo de oportunidad será un promedio ponderado por cada uno de los pesos de estas tres fuentes en el total de fondos conseguidos.

Sin dejar de reconocer la influencia de la tasa de interés como uno de los factores que determinan el nivel de la inversión, creemos que su importancia puede ser diferente en países subdesarrollados con fuertes imperfecciones en el mercado financiero.

En el caso de México creemos que en los últimos años la tasa real de interés ha sido cero o negativa; ya que la tasa nominal de interés ha sido menor que la de inflación, sin embargo, la inversión no se ha incrementado y en el último año disminuyó notablemente por la importancia que jugó la incertidumbre política y económica como factor determinante en la decisión de invertir.

Algunos de los factores determinantes de la inversión a nivel empresa, en nuestra opinión, serían los siguientes: algunos de ellos más importantes que la tasa real de interés).

- a) Variación en la calidad de los insumos (si esto lleva aparejado compra de bienes de capital).
- b) Aumentar la calidad del producto.
- c) Aumentar la producción. (En caso de que no se cuente con capacidad instalada ociosa y la elevación en la producción se intente vía incremento en las instalaciones.)

El objetivo de aumento en la producción pueda responder a varias causas, entre ellas:

/Incremento

Incremento en la demanda actual o potencial.

Desalentar la entrada de posible competencia.

Disminución en los costos por unidad de producto (suponiendo que existe demanda).

d) Usar otras materias primas, además de las usadas actualmente.

Este objetivo puede buscarse por varias razones, entre las que se podrían encontrar:

La posibilidad futura del agotamiento de la materia prima usada y, por consecuencia, aumento en su costo.

El encarecimiento de la materia prima utilizada en relación a otras materias primas. (Este problema es importante si se espera su existencia en el largo plazo y si el encarecimiento no puede ser trasladado vía precios al consumidor.)

e) Disminuir costos. La decisión de invertir puede llevar como objetivo la disminución de costos, manteniendo el mismo nivel de producción.

Se puede efectuar un análisis costo-beneficio de los bienes de capital en uso, tomando en cuenta los gastos de mantenimiento, y compararlos con un análisis costo-beneficio de las nuevas inversiones, tomando el corto, mediano y largo plazo.

Los factores anteriores son una lista (no exhaustiva) del por qué se desea invertir; podría además presentarse un conjunto de estos factores a la vez, ya que existen interacciones entre los mismos.

Otros factores que afectan los costos de la inversión y el tiempo en el que la decisión de invertir es tomada serían:

f) La tasa real de interés y la disponibilidad del crédito (en períodos restrictivos de crédito existe una discriminación en contra de las pequeñas empresas, con menos solvencia, y en favor de las empresas más grandes, las cuales, por otro lado, tienen más experiencia y facilidad para allegarse fondos de otras fuentes no bancarias).

g) Incertidumbre cambiaria.

En el caso de la devaluación de septiembre de 1976, ha afectado a empresas que tenían deuda en dólares por compra de equipos del extranjero, lo cual puede imposibilitar a las empresas a usar fuentes internas para nuevas inversiones. Puede retardar o posponer la decisión de invertir si ésta implica compra de equipo del extranjero y motivar el desarrollo de

/innovaciones

innovaciones y creación de cambio tecnológico interno. La flotación del peso aumentó la incertidumbre en la compra de bienes de capital importados.

h) Incertidumbre económica y política.

Los cambios de gobierno y la situación económica esperada afectan el grado de incertidumbre y el tiempo en el que se decide realizar la inversión.

Creemos que la consideración de estos factores es valdadera para los casos de nuevas inversiones, para inversiones de modernización de equipos y para renovación de equipos; sin embargo, la incidencia de algunos de los factores mencionados es más importante que otras, dependiendo del tipo de inversión.

En el caso de FYDSA, las ampliaciones se han llevado a cabo por varias razones, entre las que destacan:

1) la existencia de un mercado nacional con una demanda insatisfecha y sin competencia del lado de la oferta.

2) La disponibilidad, desde la fundación de la empresa, de los 12 digestores actualmente en operación, los que constituyen una de las partes fundamentales de los equipos y que estaban sin ningún uso cuando la escala de la planta era menor.

iii) Interacciones entre FYDSA y la nueva planta de Xicoténcatl. La empresa no ha realizado inversiones en modernización o renovación de equipos que ya son necesarios, principalmente por tres razones:

1) La posibilidad de la creación de la empresa productora de furfural en Tres Valles, Veracruz, con participación de PEMEX, Instituto Mexicano del Petróleo, Nacional Papelera y Nacional Financiera. La posible instalación de esta empresa crea una gran incertidumbre acerca de la vida de FYDSA, ya que su principal cliente es PEMEX. (Dependerá de sus condiciones y habilidad para exportar.)

2) Todos los recursos económicos que pudieran estar disponibles han sido canalizados a la construcción de la nueva empresa de Xicoténcatl, donde el dueño de FYDSA es socio (aportando tecnología, "know-how" y recursos).

/3) Dificultad

3) Dificultad muy grande para allegarse los fondos necesarios para estas inversiones. (Creemos que por el momento el dueño de la empresa no quiere aceptar socios capitalistas porque está usando FYDSA como planta piloto para Xicoténcatl, haciendo pruebas con otras materias primas y con las condiciones del proceso, lo cual está afectando la eficiencia de FYDSA; al aceptar otros socios tendría que suprimir estas pruebas. Por otro lado, sería difícil encontrar socios capitalistas, ya que la situación de la empresa al largo plazo es incierta por lo señalado en el inciso anterior y por los resultados de años pasados, en lo que respecta a utilidades.)

### 8. Aprendizaje

A lo largo de este trabajo se ha hablado de las experiencias e aprendizaje que la firma ha ido obteniendo con el tiempo.

No es nuestra intención elaborar una revisión teórica del fenómeno de aprendizaje, sino únicamente hablar sobre algunos puntos que consideramos de interés y que tienen que ver con la empresa que estudiamos.

En estudios empíricos por lo general se relaciona el aprendizaje con la disminución en los costos de mano de obra, por unidad de producto. Algunos otros lo relacionan con disminuciones en los costos totales por unidad, a medida que aumenta la experiencia. En el caso de FYDSA hemos encontrado que el aprendizaje obtenido ha implicado un costo monetario y un costo real (costo de oportunidad), en los momentos de efectuarse un cambio en el sistema de trabajo, y que a medida que transcurre el tiempo sin cambios importantes en el nuevo sistema de trabajo los costos totales promedio empiezan a decrecer a causa del aprendizaje obtenido.

Consideramos que es importante analizar el aprendizaje en una planta, pero distinguir entre diferentes clases de aprendizaje y no únicamente aquel que repercute en una disminución de los costos.

En la empresa analizada observamos que ha habido aprendizaje en diferentes temas, entre ellos estarían:

1) El obtenido por el Sr. De Alba con la bibliografía leída sobre la obtención de furfural y las investigaciones que realizó en su "laboratorio".

/Este

Este caso sería de "learning by spending" ya que el gasto obedeció a una política explícita de aprender. En la misma forma se considerarían las investigaciones realizadas en la "planta piloto".

2) Aprendizaje obtenido en la etapa de planeación, montaje y construcción de la planta de explotación a nivel industrial. Este caso se enmarcaría más apropiadamente como "learning by doing".

3) Aprendizaje adquirido en lo que respecta al conocimiento de la operación del proceso, de los equipos, de sistemas adecuados de administración de los recursos, trabajando con una escala de planta.

Lo importante es que a cada expansión en la escala de planta se genera una nueva etapa de aprendizaje, ya que varían las condiciones de operación técnica y administrativa.

Esta tipo de aprendizaje en FYDSA puede ser considerado como "learning by doing" y su objetivo primordial era aumentar la producción para satisfacer la demanda del producto más que la reducción de costos.

4) Aprendizaje sobre los cambios en las condiciones de trabajo del proceso, equipos y aspectos administrativos, cuando se usaron otras materias primas además del olote. Su objetivo primordial fue el de mantener volúmenes de producción aceptables al haber escasez de olote y puede considerarse "learning by doing".

5) Aprendizaje obtenido con las investigaciones realizadas para variar la gama de productos (producir alcohol furfúrico y tetrahydrofurano). El objetivo principal de esta investigación fue el de obtener productos que le permitieran a la empresa disminuir su dependencia con PEMEX. Se puede considerar un caso de "learning by spending" a pesar de haber obtenido sólo resultados parciales en la investigación.

6) Aprendizaje obtenido con las pruebas para mejorar la calidad del producto. El objetivo primordial fue el de cumplir las normas de calidad requeridas por PEMEX. Puede considerarse "learning by doing". Este aprendizaje se refleja en la producción pero en forma adversa o negativa, y no sería captado por una función de "learning by doing" en función de la producción acumulada.

/7) Aprendizaje

7) Aprendizaje obtenido por la empresa cuando se introdujo como exportador a otros países, en lo que respecta a requisitos técnicos y legales, precios, mercados, etc. Puede considerarse "learning by doing".

8) Aprendizaje del personal que forma parte de la empresa o que ha formado parte de la misma. En su mayoría ha sido "learning by doing" con muy pocos casos de personas a quienes se ha mandado a tomar cursos técnicos o de otro tipo ("learning by spending").

9) Aprendizaje como oferente acerca de los mecanismos y condiciones de la transferencia de tecnología.

Como vemos, esta es una lista parcial de la variada gama de actividades en las que se encuentran experiencias de aprendizaje en FYDSA o en cualquier otra empresa. El énfasis sobre algunos de los puntos mencionados puede variar de empresa a empresa, haciendo que cada una use rutas diferentes o, como lo señala Phillip Maxwell, "Diferentes objetivos y prioridades para efectuar cambios tecnológicos hacen que las empresas viajen por diferentes senderos de aprendizaje".

Como mencionamos anteriormente, la empresa en todos los casos ha tenido un aprendizaje pero no sin un costo monetario o de oportunidad, pero en cada uno ha obtenido también beneficios directos o indirectos, como serían los siguientes:

a) para el punto 1) le produjo beneficios económicos directos en FYDSA y en la venta del proceso en otros países y en la planta de Xicoténcatl.

b) Para el punto 2) le permitió construir y montar la empresa productora de furfural en Brasil.

c) Para el punto 3) le permitió bajar los costos totales promedio en los años subsiguientes a la puesta en marcha y satisfacer la demanda evitando posible entrada de competidores. Como beneficio indirecto, esta experiencia sirvió para Brasil y Xicoténcatl.

d) Para el punto 4) le permitió no bajar la producción ese año y poder vender la tecnología a Xicoténcatl y a Brasil, usando bagazo de caña en lugar de olote, y ofrecer la tecnología a otros países con una variedad de alternativas de materia prima.

/e) Para

e) Para el punto 6) le permitió no sólo reunir los requisitos de calidad de PEMEX, sino que éstos fueron mejorados para cubrir los requisitos de calidad de otros países (Estados Unidos), abriendo las puertas para la exportación.

f) Para el punto 7) le permitió conocer el mercado en los Estados Unidos para la exportación de la producción de Xicoténcatl (incluso conseguir el socio para la misma planta).

Es generalmente aceptado considerar la tecnología como una mercancía, si bien para algunos representa características de bien público (Jorge Katz), y para otros es más que una mercancía, ya que la tecnología es uno de los elementos determinantes de las formas culturales y es un modo de expresión social de cada pueblo.<sup>20/</sup> A pesar de aceptar la validez del último argumento, creemos que para fines prácticos es conveniente considerarla como una mercancía pero con características de bien público.

Creemos que algunas de las características de bien público se cumplen de igual forma en lo que respecta al aprendizaje por su indivisibilidad, su alto riesgo y la no completa apropiabilidad de los beneficios (esto se observa en el "robo" de personal con experiencia de una empresa a otra dentro de la misma rama).

Se podría intentar el uso de una "función de producción del progreso tecnológico", la cual formalizara la relación entre insumos dedicados a la obtención de avances tecnológicos y las mejoras en la tecnología que resulta, sin embargo, para el caso de FYDSA no fue factible hacerlo ya que no llevan control de sus gastos o de las horas hombre que han destinado para tareas de investigación y desarrollo y porque aún contando con los datos necesarios, esta "función de producción de progreso tecnológico" tomaría como output alguna medida de cambio tecnológico como la productividad global y no captaría las otras dimensiones de cambio tecnológico que pueden o no afectar (en forma positiva o negativa) la productividad y, sin embargo, parte de los insumos (gasto en investigación y desarrollo) se estarían dedicando a estas innovaciones que no afectan (la productividad global) al output.<sup>21/</sup>

20/ Amílcar O. Herrera, La creación de tecnología como expresión cultural.

21/ En el apéndice de esta investigación se presenta un intento de medición del aprendizaje ocurrido en la planta. No se presentan los resultados en el cuerpo del trabajo ya que se contaba con muy pocos datos para efectuar la medición.

De acuerdo con los resultados encontrados en otros estudios, notamos la existencia del agotamiento de las posibilidades de aprendizaje cuando transcurre el tiempo sin originarse un cambio en la escala de producción o alguna innovación tecnológica mayor. Creemos que actualmente FYDSA está agotando sus posibilidades de aprendizaje con tres líneas de producción, pero puede generarse una nueva etapa si se amplía la escala de producción, si se usa otra materia prima, si se intenta diversificar el producto o si se generan cambios tecnológicos mayores.

### 9. Economía de escala

Generalmente se menciona la importancia de las economías de escala en algún sector de la economía y se habla de ellas como posibles barreras a la entrada de nuevas empresas.

En esta sección queremos argumentar en contra del uso plenamente aceptado y difundido de este concepto, cuando se aplica (como es usual) como característica de algún sector de la producción.

El concepto económico de economías de escala es representado por la forma de U de los costos totales promedio a largo plazo, la cual es la envolvente de las formas de U de los costos totales promedio a corto plazo. (Véase el gráfico 21.)

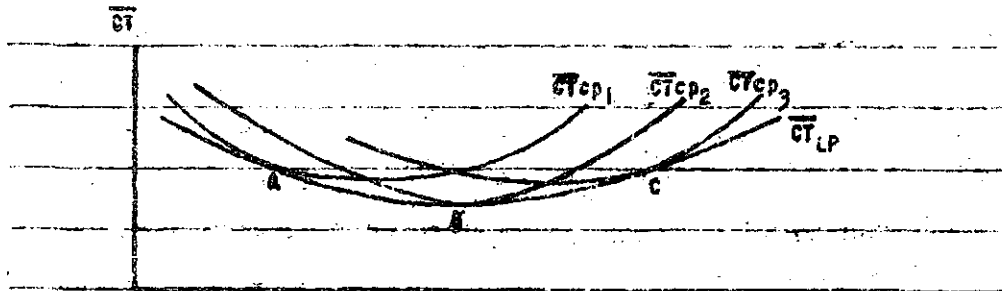
Consideramos que el uso del concepto puede ser valioso para una planta, pero el generalizar para un sector de la economía sólo sería valioso si se reúne una serie de requisitos que permitan tener una homogeneidad en las empresas integrantes del sector. Algunos de estos requisitos podrían ser:

- a) El uso de un proceso similar;
- b) el uso de la misma materia prima;
- c) la misma disponibilidad de la materia prima;
- d) la instalación de equipos similares;
- e) el mismo grado de integración vertical y horizontal, y
- f) la misma variedad de productos finales.

El proceso utilizado muchas veces determina qué materia prima debe ser usada y con qué características y especificaciones de equipos.



Gráfico 21



Donde:

$CTcp_1$      $CTcp_2$      $CTcp_3$  = Costos totales promedio a corto plazo con el tamaño de planta 1, 2 y 3

$CT_{LP}$  = Costos totales promedio a largo plazo

La parte de pendiente negativa de la curva de costos totales promedio a largo plazo, representa diversos tamaños de planta para los que se tienen "rendimientos crecientes a escala". El punto "b" mínimo de la curva  $CT_{LP}$ , representa el tamaño óptimo de planta y la parte de pendiente positiva representa varios tamaños de planta con "rendimientos decrecientes a escala".

Creemos que no es factible hablar de comparaciones de economías de escala entre empresas de un sector o entre sectores, ya que se están comparando (aún con uniformidad en el producto final) cosas muy heterogéneas entre sí, con diferentes bienes de capital, estructura de costos, proporción de uso de factores y flexibilidad de operación, cambios en la función de producción, diferentes cambios tecnológicos, etc.

Tomando el ejemplo de la industria siderúrgica, donde ha sido muy usado el concepto de economías de escala, creemos que no es muy apropiado hablar de economías de escala para el sector, si éste se compone de empresas, usando una tecnología con un proceso que requiere de alto horno y mayor inversión y de empresas usando un proceso de reducción directa (por ejemplo HYL) que no necesitan alto horno pero sí la disponibilidad de un insumo muy importante como es el gas natural. En este sector han surgido cambios tecnológicos que, en el caso de los Estados Unidos,<sup>22/</sup> han obligado a pensar sobre la existencia o no de importantes economías de escala para el sector, ya que están ganando importancia empresas pequeñas, no integradas, dedicadas a la producción de productos ligeros (artículos terminados o semiterminados) cercanos al mercado de materia prima (chatarra) y, a su vez, al mercado de consumo (industria automotriz), con mayor flexibilidad para los cambios. Algunos de los cambios tecnológicos antes mencionados serían: a) aquellos que permitieron un mayor uso de chatarra en la producción de acero, reduciendo la gran inversión antes necesaria en la extracción, beneficio y reducción del mineral hierro; b) la inyección de oxígeno en los hornos; c) la adaptación de hornos eléctricos para la producción de acero al carbón, con bajo costo y capacidad de producir grandes cantidades de acero, puede además trabajar con una carga de 100% de chatarra y construirse en menor escala produciendo en pequeñas cargas, y d) el uso de la colada continua.

Con estas innovaciones tecnológicas incluidas en una pequeña planta de 300 000 toneladas de capacidad se cree que no habría diferencia en costos con una gigante de 1 500 000 toneladas de capacidad.

<sup>22/</sup> Walter Adams, The Structure of the American Industry, Capítulo 3, 4a. edición.

Con las anteriores argumentaciones en mente tratamos de explicarnos por qué una empresa como FYDSA puede vender su producto en los Estados Unidos a un precio un poco menor que el de Quaker Oats, productor monopolista en ese país, y dentro de las normas requeridas de calidad, si la capacidad de FYDSA es de alrededor de 1 600 toneladas por año y la de Quaker Oats (en promedio de sus 4 plantas, de 9 072 toneladas). La explicación la encontramos precisamente en los puntos anteriores, ya que las tecnologías son diferentes con un proceso y equipo distinto (Quaker Oats usa digestores rotativos y FYDSA no), la materia prima utilizada y su disponibilidad y costo no es el mismo, la variedad de productos es diferente (Quaker Oats produce furfural, alcohol furfurílico y tetrahidrofurano y FYDSA sólo furfural). Por todo esto no nos es factible hablar de comparaciones de economías de escala entre estos dos productores de furfural porque se mueven a lo largo de dos curvas de costos totales promedio distintas e independientes.

Lo que sí creemos que sería útil es analizar la curva de costos totales promedio a corto y largo plazo para FYDSA (no podemos hacer lo mismo para Quaker Oats porque no se dispone de información).

Para el cálculo de los costos del cuadro 47 y de los gráficos 22 y 23 se tomaron únicamente los costos de producción.

Tomando en cuenta que en 1973 se trabajó 8 meses con 2 líneas y 4 meses con 3 líneas, y en 1974 se trabajó con 2 líneas y con otras materias primas, se podrían anular estos dos años y tomar únicamente el resto de los años que se podrían considerar de trabajo sin variaciones en el número de líneas, lo cual nos daría aproximadamente los gráficos 24 y 25. Estas gráficos y el cuadro 47 de porcentaje de crecimientos tanto a precios corrientes como a precios constantes nos muestran lo antes señalado de una etapa de aprendizaje posterior a la puesta en marcha de las ampliaciones en la escala de producción que permite una disminución en el crecimiento de los costos totales promedio. <sup>23/</sup>

23/ Los datos reflejan también los problemas ocurridos a partir de 1973 en la relación FYDSA-PEMEX que afectaron la demanda y ésta, a su vez, la utilización de la capacidad y, por consecuencia, los costos totales unitarios.

Cuadro 47

## GASTOS FIJOS, VARIABLES Y TOTALES POR KILO DE FURFURAL

	Gastos variables promedio						Gastos fijos promedio					
	Olote	Porcen taje	Combustible	Porcen taje	Energía eléctrica	Porcen taje	Proceso industrial	Porcen taje	Mano de obra	Porcen taje	Depre- ciación promedio	Porcen taje
1970	1.68	100.00	.44	100.00	.110	100.00	.30	100.00	1.07	100.00	1.20	100.00
1971	1.99	118.45	.56	127.27	.110	100.00	.36	120.00	1.00	93.46	1.14	90.48
1972	2.08	123.81	.61	138.64	.149	135.45	.36	120.00	1.09	101.87	1.09	86.51
1973	2.40	142.86	.74	168.18	.130	118.18	.35	116.67	1.10	102.30	1.47	116.67
1974	5.07	301.79	1.07	243.18	.184	167.27	.85	283.33	2.56	239.25	1.65	130.95
1975	6.76	402.38	.85	193.18	.177	160.91	.94	313.33	2.47	230.84	1.47	116.67
1976	7.36	438.10	.94	213.64	.245	222.73	.90	300.00	3.02	282.24	.89	70.63

	Gastos variables promedio				Gastos fijos promedio				Gastos totales promedio			
	Precios corrientes	Porcen taje	Precios constantes	Porcen taje	Precios corrientes	Porcen taje	Precios constantes	Porcen taje	Precios corrien- tes	Porcen taje	Precios constan- tes	Porcen taje
1970	2.23	100.00	2.23	100.00	2.63	100.00	2.63	100.00	4.86	100.00	4.86	100.00
1971	2.66	119.28	2.54	113.90	2.50	95.06	2.48	94.30	5.16	94.19	5.02	103.00
1972	2.84	127.35	2.41	108.10	2.54	96.58	2.20	83.65	5.38	110.70	4.62	95.00
1973	3.27	146.64	2.70	121.10	2.92	111.03	2.80	106.50	6.19	127.37	5.50	113.00
1974	6.32	283.41	3.28	147.10	5.06	192.40	3.63	138.00	11.38	234.16	6.91	142.00
1975	7.79	349.33	3.45	154.71	4.88	185.55	3.12	118.60	12.67	260.70	6.55	135.00
1976	8.55	383.41	3.33	149.33	4.81	182.90	2.42	92.00	13.36	274.90	5.75	118.00

**Nota:** Para el cálculo de los gastos variables de producción se tomaron en cuenta los tres elementos más importantes de dichos gastos (olote, combustible y energía eléctrica). Para el cálculo de los gastos fijos de producción se tomaron: el costo por la mano de obra en planta (operarios, peones y técnicos), un promedio de los gastos de depreciación en equipo, maquinaria e instalaciones y el costo por el uso del proceso industrial, los cuales son muy importantes en el total de los costos fijos.

Gráfico 22

GASTOS A PRECIOS CORRIENTES

Costos promedio

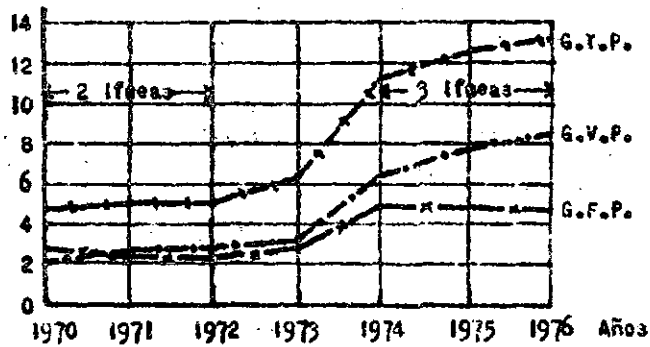


Gráfico 23

GASTOS A PRECIOS CONSTANTES

Costos promedio

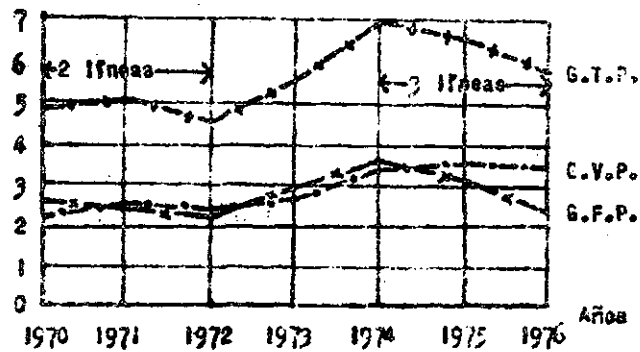


Gráfico 24

GASTOS TOTALES, FIJOS Y VARIABLES

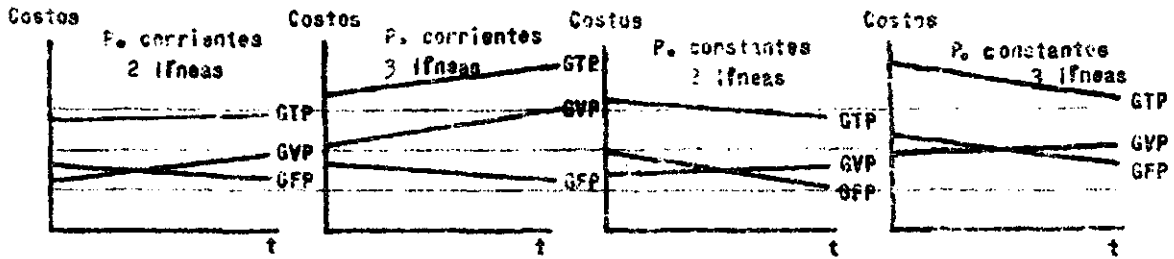
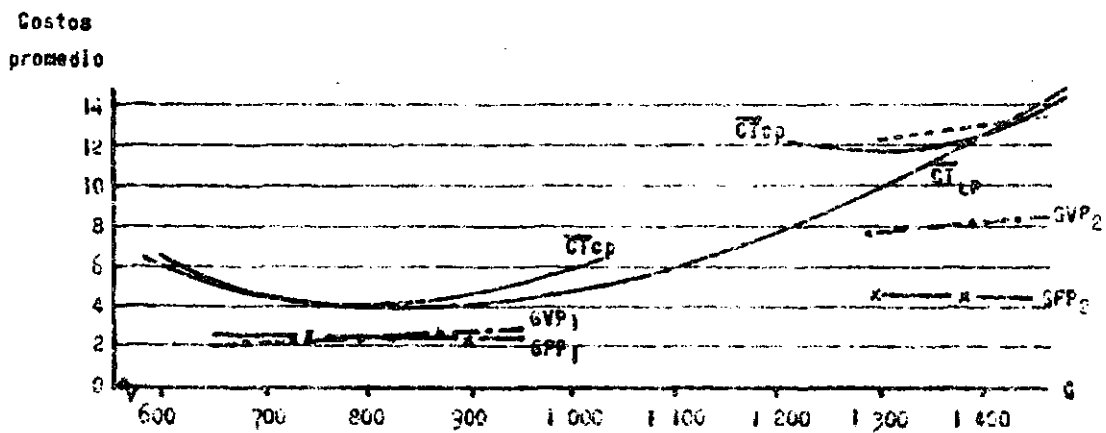


Gráfico 25

GASTOS TOTALES PROMEDIO A LARGO PLAZO A PRECIOS CORRIENTES



/A continuación

A continuación se presentan las curvas de costos promedios de producción en relación al volumen producido. (Las curvas son teóricas aproximadas.) (Véase el gráfico 26.)

Del análisis de estos gráficos podemos apreciar que tanto a precios corrientes como a precios constantes 1970 la empresa está trabajando con rendimientos decrecientes a la escala, lo cual para muchos economistas es una decisión irracional. Sin embargo, el objetivo primario de los empresarios no es en muchas ocasiones el de minimizar los costos totales por unidad, sino que sus objetivos cubren una variada gama de aspectos. Las ampliaciones pueden llevarse a cabo aun sin ventajas en los costos por unidad, si esto permite mayores ventas a precios atractivos o por otras razones mencionadas en la sección de inversión y productividad. El motivo de ventas mayores a precios atractivos y el hecho de contar con los digestores requeridos para la capacidad actual desde el inicio de la empresa fueron factores muy importantes en la decisión de aumentar la escala en FYDSA.

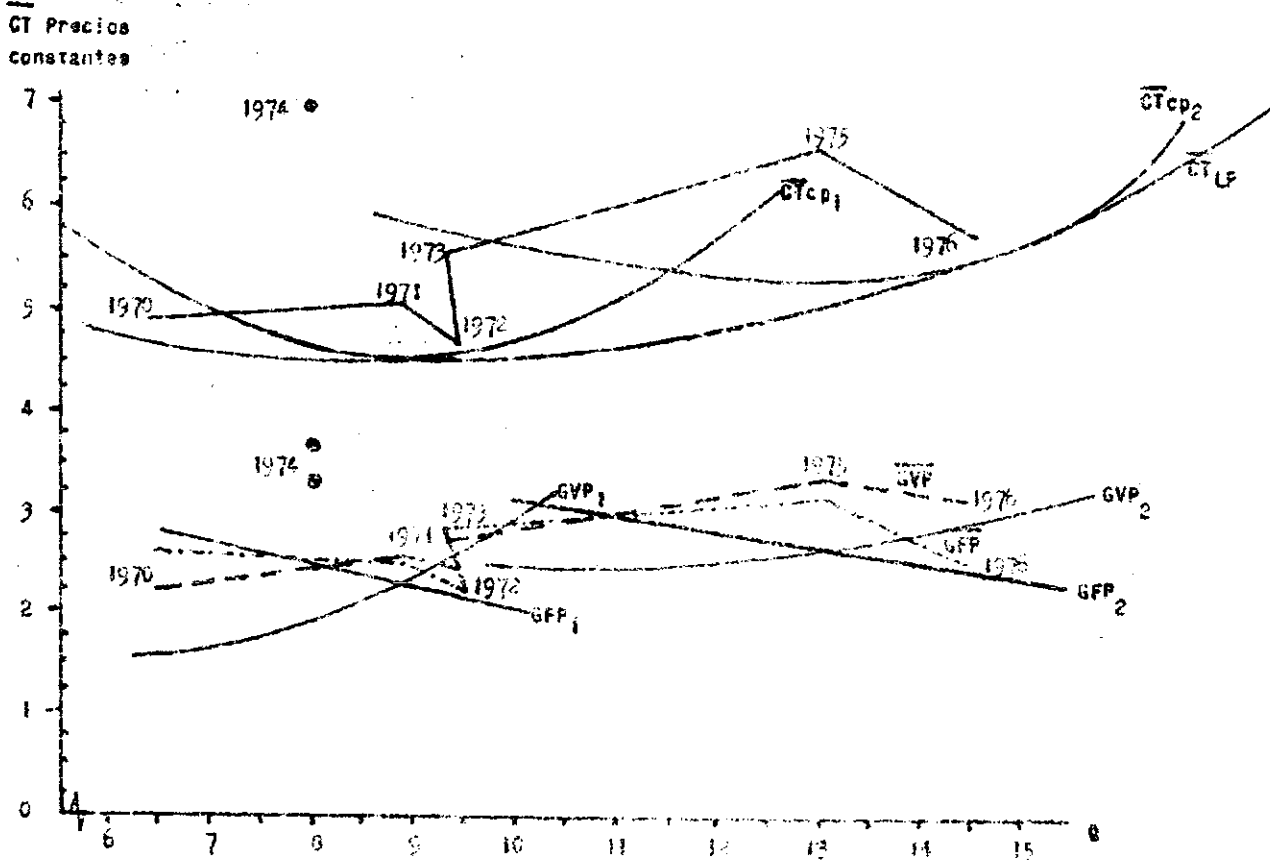
Las curvas teóricas que dibujamos en las gráficas anteriores nos indican que el tamaño óptimo de planta se encontraría entre las 750 y 950 toneladas anuales.<sup>24/</sup> Sin embargo, el aprendizaje y los cambios tecnológicos pueden desplazar hacia abajo la curva de  $CT_{LP}$  haciendo que nos desplazemos en otra curva a los mismos niveles de producción y cambiar el tamaño óptimo de la planta.

Como última parte de este trabajo presentamos las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

24/ Este resultado está de acuerdo con la opinión de los técnicos de FYDSA.

Gráfico 46

GASTOS TOTALES PROMEDIO A LARGO PLAZO A PRECIOS CONSTANTES





## VI. CONCLUSIONES

### 1. Sobre la planta

1. En lo que respecta a las expansiones, la empresa parece seguir un comportamiento que podría ser observado en un gran número de plantas, esto es, su aparente ineficiencia en términos de una disminución en la productividad en el año de las expansiones y su recuperación en los años subsiguientes.

2. La empresa podría catalogarse dentro de las que usan un proceso que es "materias primas intensivo". La productividad "aparente" de la materia prima ha ido decreciendo en los últimos años, lo que ha originado --por la gran importancia del papel que juega la materia prima en la producción-- que la productividad global haya decrecido; sin embargo, se nota una tendencia a la recuperación.

Una de las causas principales de la disminución en la productividad de la materia prima se debe a la falta de inversión, a no renovar o modernizar equipo, o a la falta de equipo auxiliar mínimo requerido. La razón principal en la decisión de no invertir la encontramos en: a) la gran incertidumbre acerca de la existencia de FYDSA al crear PEMEX su propia planta; b) la política de precios de PEMEX que no ha permitido a la empresa la generación interna de fondos suficientes; 3) la pérdida de interés del dueño de la empresa, al centrar su atención en la nueva planta de Xicoténcatl y usar FYDSA como planta piloto, y 4) la gran dificultad que ha tenido la empresa para conseguir financiamiento.

3. Gran parte de las innovaciones importantes de la planta han estado generadas bajo condiciones de "crisis".

4. La comparación entre empresas de un sector acerca de la importancia relativa de las "economías de escala" es muy objetable; sin embargo, el uso del concepto es aceptable para una empresa. Analizando las economías de escala en FYDSA observamos que se encuentra en el segmento de "deseconomías de escala". No obstante, a pesar del aumento en los costos por unidad al efectuar una ampliación, vemos racional el aumento en la escala de producción ya que se contaba con demanda y con precio aceptable.

/5. El aprendizaje

5. El aprendizaje logrado en la planta se ha generado desde las primeras investigaciones bibliográficas realizadas por el dueño de la empresa para desarrollar el proceso. La función del aprendizaje se ha visto reflejada en una gran variedad de actividades de la empresa, las que en muchos casos no han repercutido en la producción acumulada, en la utilización de la capacidad de la planta o en la productividad, por lo cual el intento de medición del efecto del "learning by doing" y "learning by spending" en la productividad sólo tomaría en cuenta algunos aspectos de la variedad existente, pudiendo además tener importantes problemas de "error en la medición" al considerar actividades de "learning by spending" que no se reflejen en la productividad.

6. Las posibilidades de aprendizaje en FYDSA han empezado a sufrir un proceso de agotamiento, sin embargo, un cambio tecnológico mayor, un incremento en la escala de producción o la entrada en nuevas actividades pueden generar una corriente de nuevas posibilidades de aprendizaje.

7. Dentro de la diversa gama de actividades de aprendizaje que la empresa ha tenido, han predominado las relacionadas con la obtención de una mejor utilización de la capacidad para incrementar la producción o las relacionadas con aumentos en la producción vía incrementos en la escala de la planta, con el objeto de satisfacer la demanda.

Creemos que debido a las imposibilidades de espacio físico y técnico de ampliar el tamaño de la planta a más de 4 líneas de producción, y al hecho de que con la producción actual satisfacen la demanda nacional, el nuevo "sendero" de aprendizaje será orientado hacia la utilización y obtención de subproductos y derivados del furfural.

8. El estudio empírico del cambio tecnológico generalmente es llevado a cabo analizando una sola dimensión del mismo, o sea, aquél que se ve reflejado en una mejora en la productividad o en un ahorro en costos (puede ser tomando costos constantes o algunas veces "costos estándares"), sin embargo, se está dejando a un lado el análisis de algunas experiencias muy valiosas de generación de conocimiento tecnológico que no se ven necesariamente representadas por un ahorro en costos o en mejoras en la productividad. Estas otras dimensiones deben ser identificadas y analizadas para poder

/captar

captar más adecuadamente el comportamiento tecnológico de las empresas. FYDSA presenta una serie de esfuerzos innovativos importantes en otras dimensiones no necesariamente comprendidas en el ahorro en costos, como son, mejoras en la calidad del producto, utilización de otras materias primas, diversificación en el producto final, aumentos en la capacidad de producción, etc.

Como lo hemos mencionado previamente, los estudios sobre cambio tecnológico se han centrado generalmente en el uso de la productividad como variable explicativa, y algunos otros estudios han utilizado el "learning by doing" y "learning by spending" como las variables que definen la productividad, por lo cual se ha eslabonado el problema al analizar una sola dimensión de cambio tecnológico y por lo mismo sólo algunos aspectos de la variada gama de actividades de aprendizaje que comprende la dimensión antes señalada.

9. El comportamiento tecnológico de la empresa se ha caracterizado por una constante labor de investigación, esto a pesar de la limitación de recursos económicos de la planta y del alto riesgo y costo que puede implicar la experimentación. Creemos que esta labor ha sido influenciada por el hecho de que el nacimiento de FYDSA se derivó de una actividad exitosa en materia de investigación.

10. Las empresas que cuentan con un proceso de producción discreto o semicontinuo tienen mayores oportunidades de realizar innovaciones o experimentación para adaptar y mejorar equipo o proceso usando secciones de la planta que las empresas con un proceso de producción continua. FYDSA es el caso de una empresa con un proceso semicontinuo, lo cual le ha permitido usar la planta para investigaciones sin afectar de manera importante la producción.

11. La venta de tecnología del dueño de la empresa se ha manejado en condiciones de mercado oligopólico, con fuertes imperfecciones, donde el precio de venta se determina por el poder relativo de negociación de las partes. Un elemento importante en la negociación lo constituye la apremiante necesidad económica del poseedor de la tecnología, la cual no se mantiene en estos momentos, por lo que el precio se moverá posiblemente en un rango más alto, manteniéndose el costo marginal del vendedor muy cercano a cero.

12. No ha existido ninguna vinculación de la empresa con el sistema científico y tecnológico del país.

13. El comportamiento del inventor de la tecnología de FYDSA con respecto a la actividad de patentamiento, presenta algunas de las características encontradas por otras investigaciones recientes. Estas características nos señalan que, paradójicamente, no se patenta --mientras no se sienta el peligro de entrada de competencia o de posibles descubrimientos en la misma área-- como mecanismo de protección de su invención, que consideran más fácil la duplicación una vez que patentan por muchos caminos para llegar a un mismo fin.

14. Los instrumentos de política tecnológica analizados en investigación no han sido determinantes ni han orientado las decisiones tomadas por la empresa o por el inventor, sin embargo, una vez que la decisión se ha efectuado, se ha hecho uso de todos los instrumentos a su alcance.

15. Creemos que existe un gran campo para la investigación en el área de la utilización industrial de productos agrícolas que actualmente son desechados o que tienen una utilización ineficiente en términos de costos de oportunidad. FYDSA representa un ejemplo de uno de los usos que se pueden dar a varios productos agrícolas con muy bajo valor comercial, pero con posibilidades de ser utilizables con la consiguiente derrama de ingresos y de empleo directo e indirecto.

## 2. Sobre la relación FYDSA - PEMEX

16. La empresa presenta características monopólicas en cuanto a la oferta del producto en el país y a la no existencia de sustitutos posibles, tomando en cuenta el equipo y proceso utilizado para refinación de aceites pero, por otro lado, existe una situación de monopolio en lo que respecta al consumo nacional, ya que una sola empresa absorbe un gran porcentaje de la demanda. Esta situación es representativa de un monopolio bilateral en donde la determinación del precio depende de las fuerzas relativas de negociación. Por lo explicado en el texto del trabajo, han jugado un papel importante las disposiciones legales en cuanto a exportaciones e importaciones, los programas de compras y los problemas de FYDSA de necesidad económica que le impide mantener un stock de mercancía.

/Dos aspectos

Dos aspectos importantes se derivan del análisis anterior: 1) la relación de fuerza ha estado inclinada en favor de PEMEX, ya que en términos reales ha comprado un producto con las características de calidad que ha marcado y a un precio menor que el que le hubiera costado importarlo, de no existir FYDSA. Esta política de precios ha afectado las decisiones tecnológicas de renovación o modernización de equipos por la falta de recursos económicos internos; 2) la intención y objetivos de las disposiciones legales eran fortalecer empresas que substituirían importaciones, sobre todo en sus primeros años de arranque y puesta en marcha; paradójicamente, estas leyes han constituido un factor de fuerza muy importante para PEMEX en las negociaciones del precio, ya que FYDSA no puede exportar (a un precio más alto) sin la previa autorización de PEMEX.

Desde el punto de vista social, es bueno que PEMEX compre a precios más baratos, lo cual beneficia a un gran número de consumidores, pero hay que pensar en el costo privado y social para PEMEX de apretar demasiado y hacer desaparecer la empresa o mantenerla trabajando de manera menos eficiente de lo que podría hacerlo.

### 3. Sobre aspectos teóricos

17. Existe una gran diversidad de resultados sobre productividad global, dependiendo del método de medición de los factores, de los coeficientes de elasticidades o de participación de los insumos, del año base seleccionado, etc. Sin embargo, la dirección de los cambios en la productividad de un año a otro mantiene gran uniformidad.

18. El análisis aislado de la productividad de un solo factor lo consideramos inadecuado sin el estudio de la evolución de su participación en el costo y de la posible sustitución en el uso de los factores que el aumento en costos pudo ocasionar. No siempre la disminución en la proporción del uso de los factores se da en el factor que aumentó su costo. En el caso de FYDSA les resulta muy complicado sustituir materia prima (a pesar de su incremento evolutivo en su participación en el costo) por características propias del proceso y de los equipos; sin embargo, la sustitución se ha dado en la mano de obra (a pesar de su decremento evolutivo en su participación en el

/costo)

costo). El considerar la productividad de un solo factor como la mano de obra puede llevarnos a conclusiones equivocadas ya que, por ejemplo, un aumento en la escala de operación con equipo muy automatizado puede efectuarse con el mismo número de empleados. El aumento en la producción con el mismo número de empleados hace que la medida de la productividad de la mano de obra sea mayor; no obstante, esto no significa que los obreros hagan esfuerzos mayores por ser productivos o más eficientes.

19. Es muy importante mencionar que, dependiendo de la definición que hagamos de mano de obra o de capital, nos pueden resultar valores muy diferentes de productividad porque en realidad se están midiendo cosas distintas. Es muy usual tomar como medida de mano de obra las horas hombre efectivas trabajadas y el número de empleados, y como medida de capital el valor deflacionado y depreciado de las instalaciones, maquinaria y equipos o alguna medida física; en FYDSA se tomaron horas digestor efectivas trabajadas. En el caso de la mano de obra, con un método se analiza la eficiencia (medida en producción) de la hora hombre trabajada y con el otro la productividad por persona registrada en la nómina (se refleja en el gasto en pesos). Cuando existen tiempos muertos o exceso de personal, como en el caso de FYDSA, estas medidas pueden ser muy diferentes. En el caso del capital, con un método se está midiendo la productividad por peso invertido y con el otro el rendimiento físico de los equipos. Creemos que desde el punto de vista del empresario las dos medidas para cada factor son importantes. En este estudio se enfatizaron las medidas de productividad del rendimiento por hora-hombre efectiva trabajada y el rendimiento del equipo, por creer que el aprendizaje ocurrido en la planta sería mejor captado con estas medidas.

20. Esta empresa plantea la interrogante de la conveniencia en el uso del equipo más moderno en existencia --con un costo muy alto-- contra la decisión de compra de equipo considerado de segunda o tercera generación tecnológica. Esta interrogante puede ser válida para este caso particular y para algunos productos más; sin embargo, no se puede generalizar ya que hay sectores en los que la frontera del conocimiento tecnológico incorporado en equipos se desplaza constantemente haciendo más difícil la competencia entre equipo última moda y equipo segunda o tercera categoría,

/adaptado

adaptado y mejorado. En el caso de FYDSA la interrogante surge por el hecho de mantener ventas con utilidades, a los Estados Unidos, dentro de las normas de calidad y a un precio más bajo que el líder mundial de fufural (Quaker Oats), lo que nos puede indicar que la frontera tecnológica no ha tenido importantes desplazamientos (suponiendo que Quaker Oats no trabaja con márgenes muy altos de utilidades).

21. El aprendizaje obtenido por FYDSA siempre ha tenido un costo monetario o un "costo de oportunidad".

22. Consideramos que el uso generalmente aceptado de un concepto un poco limitativo de la definición de cambio tecnológico, ha llevado a que se realice una cantidad escasa de estudios acerca de la generación interna de innovaciones en países subdesarrollados, por considerarse prácticamente nula. La importancia de los "cambios tecnológicos menores" o incrementales como esfuerzos innovativos en la adaptación y mejoras del equipo y proceso utilizados es fundamental en la productividad y eficiencia de la empresa estudiada, lo cual corrobora los resultados obtenidos empíricamente a nivel de planta en otras investigaciones.

23. En el caso presente, se tiene que el desarrollo sujeto a estudio es obra de una persona sin preparación formal, pero con habilidades y experiencia suficientes como para poder llevar a cabo dicho proceso. Esta situación real va en contra de la idea generalizada sobre el tipo de personalidades que logran realizar innovaciones en el campo tecnológico, que se estima son personas con estudios superiores a nivel universitario. Esta observación del caso del Sr. De Alba no es motivo de sorpresa o asombro, ya que en algunos estudios empíricos sobre el tema se ha observado este mismo comportamiento.

24. La existencia de una demanda insatisfecha actual o potencial presenta los prerequisites para actividades innovativas tendientes a la mejor utilización de la capacidad de producción o en la creación y/o adaptación, ajustes y mejoras de equipo adicional para incrementar la producción originando, a su vez, una nueva generación de actividades de aprendizaje. (Este había sido el caso de FYDSA hasta 1972 con respecto a la demanda nacional.)

25. Creemos que la tecnología, al ser vista como una mercancía, sigue algunas de las etapas analizadas por la "teoría del ciclo del producto"<sup>1/</sup> si bien con algunas modificaciones.

La identificación de una necesidad insatisfecha llevó a la creación doméstica de la tecnología para producir furfural, la cual fue probada en laboratorio, en planta piloto y, posteriormente, adaptada para producción industrial a baja escala.

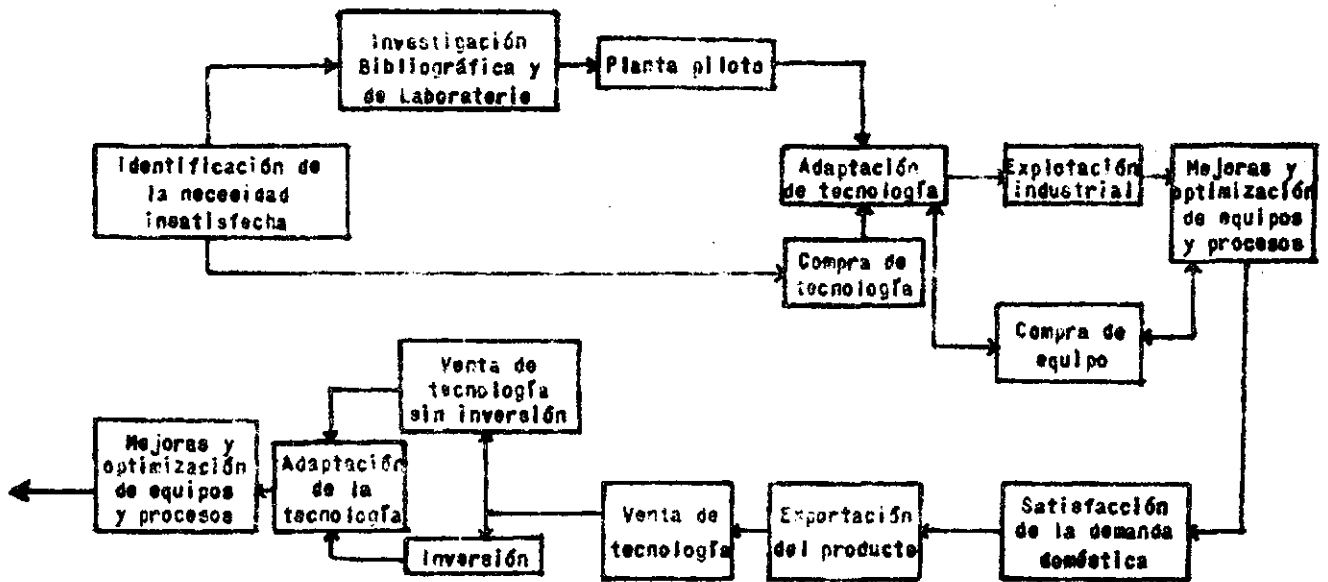
Con incrementos sucesivos en la producción se llegó a la satisfacción de la demanda nacional con una "estandarización" relativa del proceso usando olote de maíz. La etapa posterior fue dirigida a buscar mercados internacionales para la venta del producto. Una vez iniciada la venta en otros países, se inició la etapa de inversión extranjera por medio de venta de tecnología (la venta a Brasil fue con participación en acciones de la nueva empresa), sin embargo, no fue venta de una tecnología estandarizada, ya que se tuvo que adaptar proceso y equipo para utilizar otra materia prima --bagazo de caña-- y para ajustarse a las condiciones locales.

Como se ve, producto y tecnología vistos como dos mercancías, tienen interacciones muy importantes y difícilmente divisibles; históricamente podría intentarse el análisis de sus etapas (tal como lo hace la "teoría del ciclo del producto").

El ciclo no se cierra porque se ha visto que, para el caso de países subdesarrollados, en muy rara ocasión se termina vendiendo el producto al país original (generalmente desarrollado); lo que sí se puede encontrar es un nuevo ciclo para exportaciones y venta de tecnología o inversión dirigidas a un país de menor grado relativo de desarrollo. El siguiente organigrama puede presentar más interacciones o variaciones entre las etapas, dependiendo del caso particular (varias etapas podrían darse al mismo tiempo). Sería factible estudiar para cada uno de los cuadros el esfuerzo innovativo requerido y el aprendizaje obtenido por cada empresa.

<sup>1/</sup> Raymond Vernon, International Investment and International Trade in the Product Cycle, Quarterly Journal of Economics, Mayo de 1966.







Anexo

**DATOS Y MEDICIONES ADICIONALES**



## I. ESTIMACIONES DE LA DEMANDA DE FURFURAL Y DERIVADOS, S.A. (FYDSA)

En el capítulo IV se hizo mención a la importancia que sobre la demanda nacional de furfural representan las compras de PEMEX, y cómo estas compras relacionadas con los inventarios probables del mismo PEMEX ayudan a explicar la función de demanda nacional. Para ésto, aquí se explicará la mecánica seguida en el cálculo de dicha demanda proyectada para 1977.

Los gráficos 1, 2, 3 y 4 corresponden a los que se presentaron en el capítulo IV, por lo que para una mayor fluidez en la lectura de este anexo, se procederá a volver a presentar los mencionados gráficos.

Las compras de PEMEX han sido, a partir de 1968, en que inicia FYDSA sus operaciones, resumidas en el siguiente cuadro que incluye también los precios pagados por PEMEX.

Cuadro 1

Año	Compras totales de PEMEX Toneladas <u>a/</u>	Indice de precios: Impuesto + FYDSA (Pesos/kg) <u>b/</u>
1968	1 002.0	4.29
1969	793.0	4.76
1970	1 398.0	5.04
1971	908.0	5.78
1972	806.0	7.00
1973	525.0	7.17
1974	794.5	14.26
1975	2 113.0	16.87
1976	1 330.0	16.95

a/ FYDSA, Gerencia Administrativa.

b/ Investigación propia.

/Se hicieron

Se hicieron una serie de regresiones poniendo la  $Q = f(P)$ ;  $Q_t^1 = f(\Delta P)$ ;  $C.Q_t^1 = f(C.P.)$   
 1969                      1969

obteniéndose en todos los casos unos coeficientes de correlación muy bajos. Como se puede observar en el gráfico anterior, la cantidad comprada no es afectada por el precio, o sea, la elasticidad de precio de la demanda es casi cero (inelástica), existe un poco de elasticidad creada por el hecho de mantener ciertas cantidades de furfural en stock.

El furfural es indispensable y sin sustitutos para PEMEX, en la refinación de aceites. Existen algunos productos que pueden ser utilizados en lugar de furfural para refinar aceites, pero para usarlos PEMEX tendría que cambiar el proceso y el equipo que utiliza actualmente. De la observación de los ciclos de compras estimamos el valor promedio de consumo anual, la diferencia entre las compras reales anuales y las cantidades estimadas de consumo de PEMEX, nos indicaban las cantidades estimadas de inventarios de furfural.

Usamos varias ecuaciones para estimar la demanda, con los siguientes resultados:

---


$$1. \Delta Q_t = f(\Delta P_t, \sum_{1968}^{t-1} Stock_{t-1}); \Delta Q_t = -43.5171 - 2.699399 \Delta P_t - 1.053655 S_{t-1}$$

$$R_{1,23}^2 = 38.93; r_{12} = .1966; r_{13} = .5952; r_{23} = .5852$$


---

$$2. Q_t = f(P, Stock_{t-1}); Q_t = 1029.7429 + 8.637 P - .6139 S_{t-1}$$

$$R_{1,23}^2 = 29.38; r_{12} = .3162; r_{13} = +.5223; r_{23} = .3442$$


---

$$3. \Delta Q_t = f(\sum_{1968}^{t-1} Stock); \Delta Q_t = 393.14 - 1.29 \sum_{1968}^{t-1} Stock$$

$$r = 78.32$$


---

$$4. C Q_t = f(C. \sum Stock); C.Q_t = 1039.75 + 16.872 C. \sum Stock_t$$

B K169                      B. 1969                      B.1969                      r = 66.75

---

1/  $\Delta Q_t$  = Cambio en la cantidad comprada con respecto al año anterior.  
 $CQ_t$  = Crecimiento porcentual de la cantidad comprada con respecto al año base, 1969.

Estas ecuaciones nos indican que el poder explicativo del stock acumulado en los cambios en la demanda es mucho más importante que el encontrado usando otras variables y que los coeficientes de la regresión tienen los signos adecuados.

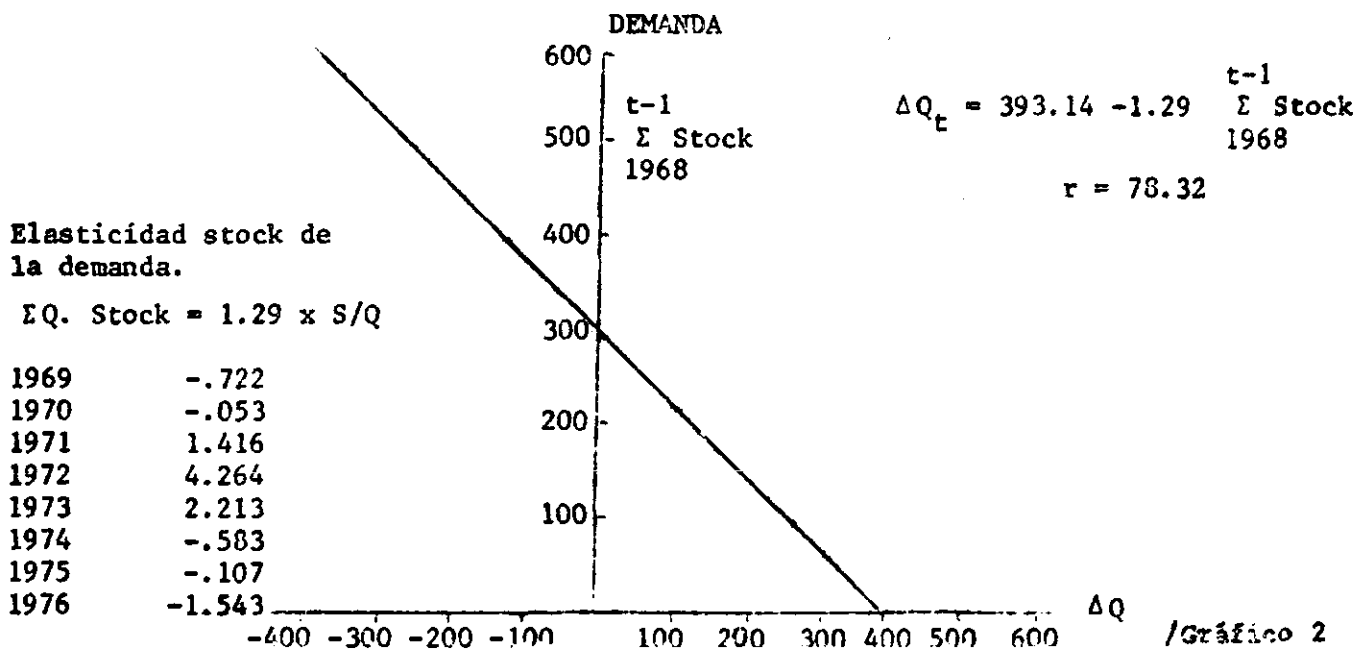
En el gráfico 1 presentamos los resultados de la regresión 3, que consideramos la más adecuada para explicar las variaciones en las compras de PEMEX en el corto plazo, tomando el stock acumulado de 1968 hasta el año t-1 como variable explicativa de los cambios en la cantidad comprada en el año t.

Con los datos de compra de PEMEX y el consumo anual estimado de la misma, se pueden establecer cuáles han sido los inventarios con los que ha contado Petróleos Mexicanos. A partir de esos datos se puede calcular el rango de la demanda que PEMEX puede tener para 1977.

Cuadro 2

	<u>Inventario de PEMEX (t)</u>
1969	117.0
1970	25.0
1971	538.0
1972	561.0
1973	482.0
1974	122.0
1975	31.5
1976	259.5

Gráfico 1



/Gráfico 2

Gráfico 2

INVENTARIO PEMEX DE FURFURAL

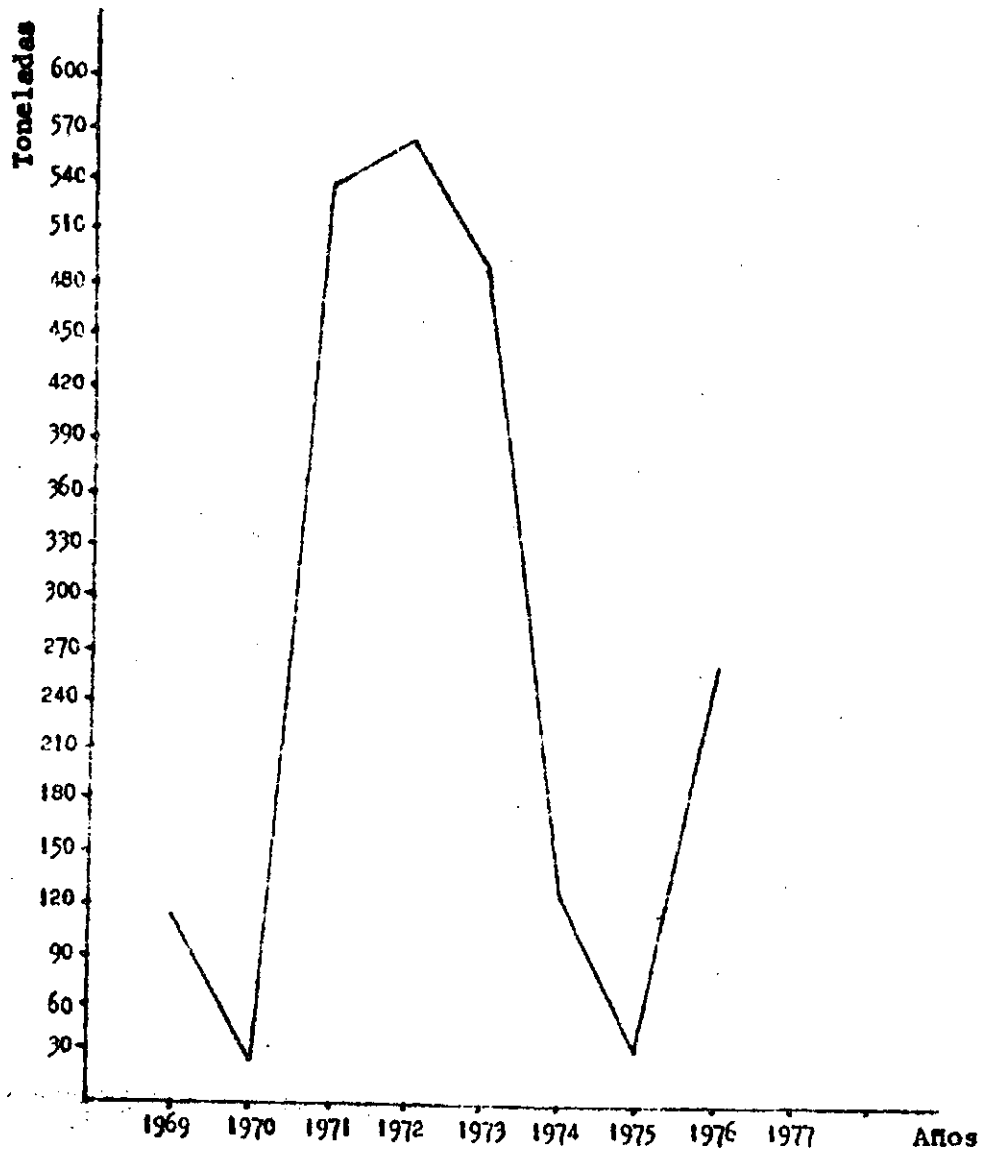
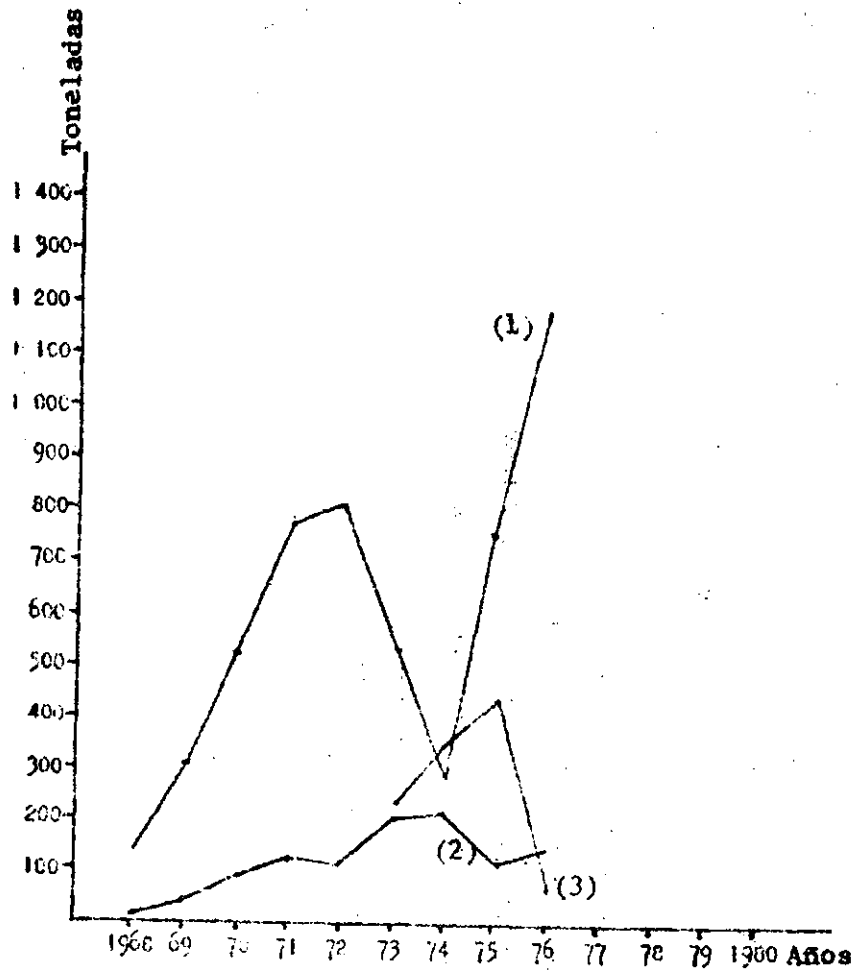


Gráfico 3

VENTAS DE FYDSA



- (1) PEMEX
- (2) Otros del país
- (3) Exportación



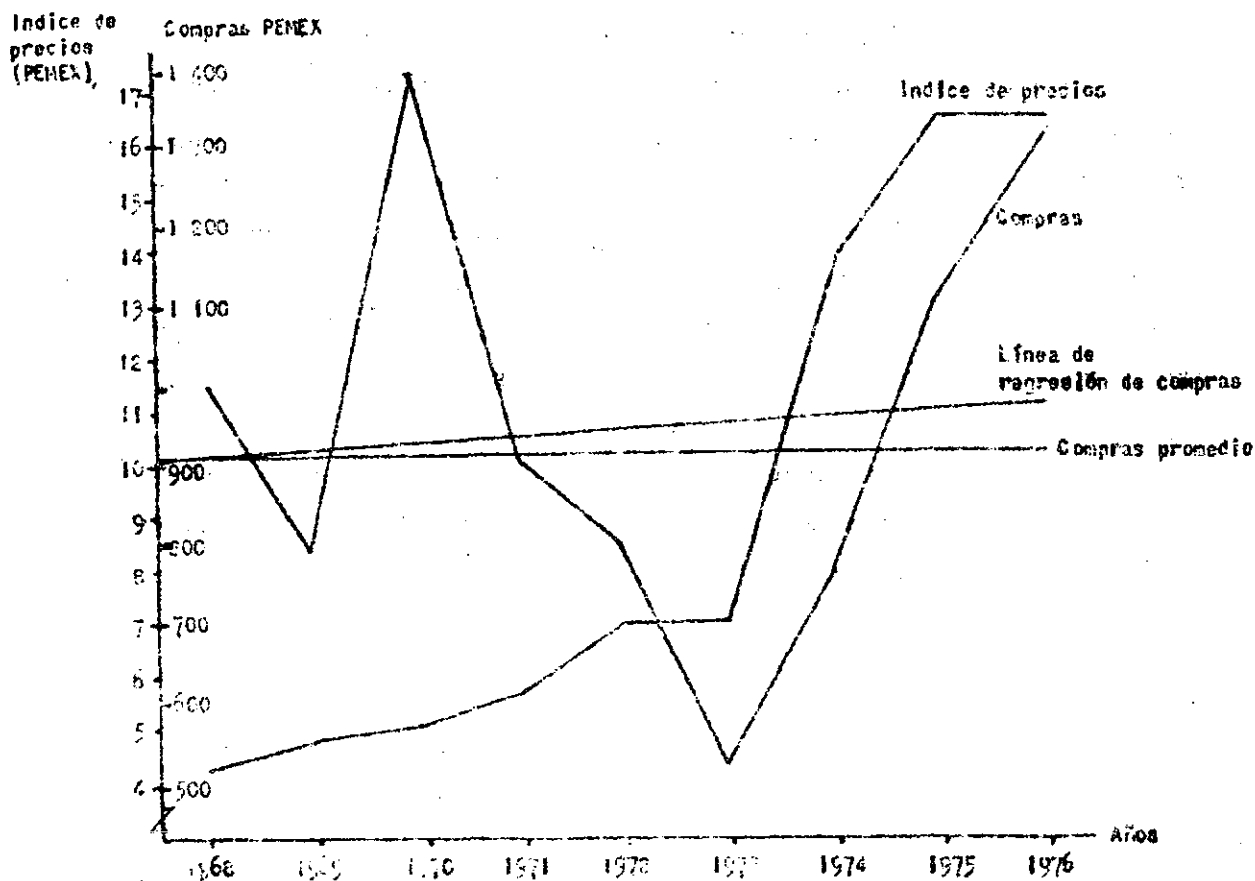
Estos resultados mostrados en los gráficos 2 y 3 hacen suponer que las compras por parte de PEMEX se ven directamente afectadas por las cantidades que tiene en stock de furfural. La estimación hecha sobre el consumo de PEMEX arroja un valor de 885 toneladas por año, cantidad que se ve afectada, entre otros factores, por el precio de compra, elevando los inventarios cuando se presentan condiciones favorables (disponibilidad y precio).

Observando el cuadro 2 podríamos intentar predecir la demanda (rango) para 1977, para lo que presentamos a continuación varias alternativas acordes con las posibles conductas de PEMEX, definiendo los límites inferior y superior, entre los que podría encontrarse la compra de PEMEX para el año mencionado.

1. Límite inferior

En este caso la política sería consumir el inventario final de 1976 y no dejar inventarios finales para 1977. Los datos de compra de PEMEX, índice de precios y promedios de compra están graficados a continuación:

Gráfico 4  
PEMEX: INDICE DE PRECIOS Y PROMEDIOS DE COMPRA



	<u>Toneladas</u>
Consumo anual estimado	885.0
Inventario final 1976	-257.5
Compras 1977	625.5

## 2. Límite superior

La política sería llegar a tener a fines de 1977 un inventario muy alto de furfural, el cual estimamos en 540 toneladas con base en datos históricos.

	<u>Toneladas</u>	
Consumo anual estimado	885.0	
Inventario final requerido en 1977	+540.0	1 425.0
Inventario final 1976		-257.5
Compras 1977		1 167.5

Creemos que en 1977 las compras de furfural por parte de PEMEX pueden estar muy cerca del límite superior ya que el producto sufrió alzas considerables en el precio durante el período 1973-1975 y en 1976 se estabilizó la tendencia en los precios e incluso bajó un poco en términos absolutos a nivel internacional. A nivel doméstico aumentó el precio en términos absolutos pero aún quedó bastante más abajo que el "precio internacional" (la razón del entrecomillado la explicaremos más adelante), debido a la devaluación del peso mexicano en septiembre de 1976. Esto nos puede indicar que PEMEX tenderá a acumular inventarios en espera de aumentos posibles en el precio futuro del producto y como mecanismo de incremento en su poder de negociación con FYDSA.

De los gráficos anteriores podemos observar que en los años en que PEMEX contaba con grandes inventarios (según nuestras estimaciones) disminuía su volumen de compra de FYDSA.

## II. PRODUCTIVIDAD GLOBAL

En este capítulo presentaremos:

A. Los resultados de diferentes regresiones lineales y logarítmicas utilizando las dos medidas de capital (horas digestor efectivas trabajadas, o sea  $K_1$ , y el valor depreciado y a precios constantes de la maquinaria, equipo e instalaciones, o sea  $K_2$ ), y las dos medidas de trabajo (horas-hombre efectivas trabajadas, o sea  $L_1$ , y el número de obreros y peones más el personal en funciones técnicas, o sea  $L_2$ ). Los datos utilizados provienen del cuadro 23 del capítulo V. Se adjuntan también los resultados de las pruebas estadísticas "F" (Fisher) y "t" (Student) efectuadas en algunas regresiones.

B. Resultados y análisis de la productividad global utilizando el método de "residuos no explicados" por medio de:

1. Elasticidades de los factores con respecto al producto cuando se emplea  $K_2$  y  $L_2$  en el cálculo;
2. Participación de los factores con respecto al costo de producción utilizando  $K_1, L_1$ ;  $K_1, L_1, M.P.$ ;  $K_2, L_2, M.P.$ , y
3. Participación de los factores con respecto al valor de la producción usando  $K_1, L_1, M.P.$

**A. Resultados de las regresiones**

**1. Resultados de las regresiones utilizando  $K_1$  y  $L_1$**

**Cuadro 3  
RESULTADO DE LAS REGRESIONES**

1) Usando $K_1$ H.D.T.		L = H.R.T.					
Período	Forma funcional	Constante	B	$\delta$	R <sup>2</sup>	$\hat{\sigma}^2$	Observaciones
1968-76	$Q_1 = a + BK_1 + \delta L_1$	-177,565	13,1245114 (1.0982645) t = 11.9502	2.96281532 (1.52374376) t = -1.944	.9636	7278925698	r12 = .9786; r13 = .8620; r23 = .8382; No rechazamos: Ho: $\delta = 0$ a t.95 o más
1968-76	$Q_1 = BK_1 + \delta L_1$		14.069271 (.4923855475) t = 28.574	-.3148322022 (.4731749843) t = -.771	.9910	9899767075	No rechazamos: Ho: $\delta = 0$ a t.95 o más
1968-76	$Q_1 = BK_1$		13.488 (.033974) t = 397.014		.9908	.001154203	Ho: B = 0 Rechazo
1970-76	$Q_1 = a + BK_1 + \delta L_1$	-27,626.3	11.8118717 (1.689990413) t = 6.988	2.38482971 (3.04293973) t = .784	.9209	7469789664	r12 = .9578; r13 = .803; r23 = .8016 No rechazamos: Ho: $\delta = 0$ a t.95 o más
1970-76	$Q_1 = BK_1 + \delta L_1$		11.93654651 (.437093128) t = 27.309	1.8065775 (.428625512) t = 4.448	.9951	7518406110	Ho: $\delta = 0$ Rechazamos Ho
1970-76	$Q_1 = BK_1$		13.92277898 (.4218595123) t = 32.996		.9945	7606890757	Ho: B = 0 Rechazamos Ho
1970-76	$Q_1 = a + B \frac{K_1}{L_1}$	3.355164	10.39726291		.7884		
1970-76	$Q_1 = B \frac{K_1}{L_1}$		13.939819 (.4866) t = 28.638		.6379		Rechazamos: Ho: B = 0
1968-76	$\text{Log } Q_1 = \text{Log } a + B \text{Log } K_1 + \delta \text{Log } L_1$	-.48535575	1.26742 (.117731) t = 10.765	.0663315135 (.17406339) t = .381077	.9458	.00608765	r12 = .9723; r13 = .7384; r23 = .7441; No rechazamos Ho: $\delta = 0$
1970-76	$\text{Log } Q_1 = \text{Log } a + B \text{Log } K_1 + \delta \text{Log } L_1$	1.08648519	.678993 (.1191188) t = 5.697	.331358866 (.2315821826) t = 1.43035	.8045	.001597325	No rechazamos Ho: $\delta = 0$

Donde:  $R^2$  = coeficiente de correlación

$\hat{\sigma}^2$  = suma de los residuos del estimado al cuadrado

B y  $\delta$  = coeficientes de  $K_1$  y  $L_1$  respectivamente

Efectuando la prueba de hipótesis acerca del grado de significación de los coeficientes encontramos en las regresiones no logarítmicas lo siguiente:

Utilizando la prueba de Fisher:

$$F = \frac{\| e^* \|^2 - \| e \|^2 / J}{\| e \|^2 / N - K}$$

- $\| e^* \|^2$  : Suma de los residuos al cuadrado en la regresión con restricciones en cuanto al valor de los coeficientes
- $\| e \|^2$  : Suma de los residuos al cuadrado en la regresión sin restricciones
- J : Número de restricciones
- N : Número de observaciones
- K : Número de variables independientes
- N - K : Grados de libertad

Cuadro 4

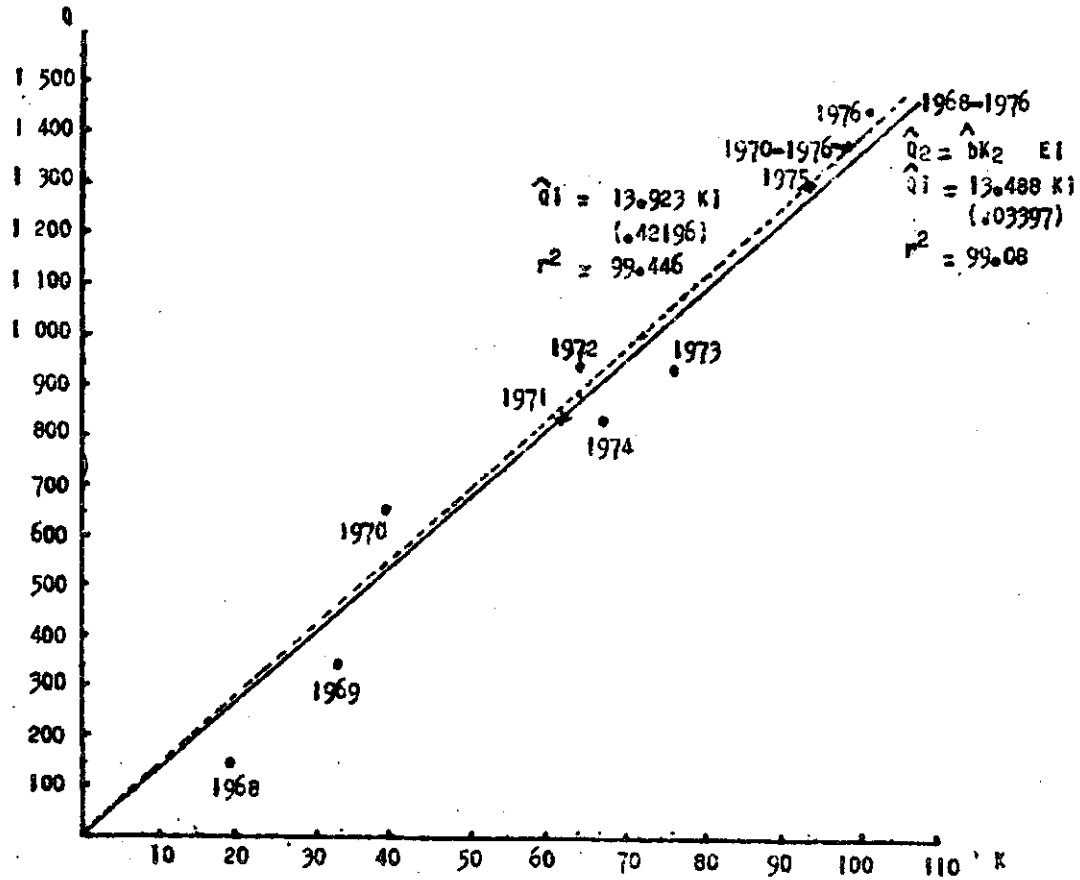
DE RESULTADOS

Período	Hipótesis	Valor F	F tablas	Resultado
1968-1976	Ho: a = 0	2.1623	F.95 = 5.14	No rechazamos Ho: a = 0
1968-1976	Ho: a = 0 y δ = 0	1.2049	F.95 = 5.99	No rechazamos Ho: a = 0 y δ = 0
1970-1976	Ho: a = 0	.01153	F.95 = 7.71	No rechazamos Ho: a = 0
1968-1976	Ho: a = 0 y δ = 0	.24317	F.95 = 6.94	No rechazamos Ho: a = 0 y δ = 0

Nota: El análisis de estos resultados se presentó en el capítulo V del trabajo en las páginas 92 y 93.

Gráfico 5

LÍNEA DE REGRESION DE LA PRODUCCION EN FUNCION DE LAS HORAS DIGESTOR EFECTIVAS (K)



2. Usando como medida de capital el valor deflacionado y depreciado de las instalaciones, equipo y maquinaria ( $K_2$ ), y como medida de mano de obra el número de obreros y peones y el personal de planta en funciones técnicas ( $L_2$ ), se hicieron las siguientes regresiones.

Cuadro 5

Período	Forma funcional	Constante	B	S	R <sup>2</sup>	Observaciones
1968- 1976	$\text{Log } Q_1 = \text{Log } a + B \text{ Log } \frac{K_1}{L_1} + \delta \text{ Log } \frac{K_1}{L_1}$	2.041435746	.423982033 (.3078653)	.592675536 (.594881557)	.501	r <sub>12</sub> = .633; r <sub>13</sub> = .68; r <sub>23</sub> = .779 C. R. S.
			t = 1.377	t = .996		
1968- 1976	$\text{Log } \frac{Q_1}{L_1} = \text{Log } a + B \text{ Log } \frac{K_1}{L_1}$	2.039078242	.429578513		.391	
1968- 1976	$\frac{Q_1}{L_1} = a + B \frac{K_1}{L_1}$	11040.34425	.049175996		.428	
1968- 1976	$\frac{Q_1}{L_1} = B \frac{K_1}{L_1}$		.09953219 (.020681197)		.963	$\delta^2_e = 21142318$ t = 4.813

**Conclusiones:**

a) Las variables K y L "explican" muy poco de la variación en la cantidad producida.

b) Un factor que puede ser el causante del bajo coeficiente de correlación es el hecho de que las erogaciones por compra de equipo se efectúan en el año t y el efecto de esta erogación en la producción se realiza al año siguiente t + 1.

c) Podría ser factible usar los resultados de las regresiones a pesar de tener un bajo coeficiente de correlación, siempre y cuando se hubieran obtenido errores estándar de los coeficientes pequeños; sin embargo, los errores estándar son grandes y nos imposibilitan a usar estas regresiones porque su validez sería dudosa.

(d) La suma

d) La suma de los coeficientes de K y L nos da .42 y .59 respectivamente, muy cercanos a la unidad, lo que indica "retornos constantes a escala".

La conclusión principal de esta sección es que el utilizar K, L en horas digestor efectivas y horas-hombre efectivas, respectivamente, es una medida más eficiente que el tomar el valor del equipo, maquinaria e instalaciones y el número de empleados cuando se trató de estudiar la relación tecnológica entre insumos (K,L) y producción.

B. Resultados y análisis de la productividad global utilizando el método de "residuos no explicados"

1. Cálculo en base a las elasticidades

En esta sección presentaremos los resultados del cálculo de productividad global utilizando las variables  $K_2$  y  $L_2$ .

Período de regresión	$EQ_1 K_2$	$EQ_1 L_2$	$\frac{\Delta Q}{Q} \%$	$\frac{\Delta K_2}{K_2} \%$	$\frac{\Delta L_2}{L_2}$	P.G.%	$\frac{P.G. \frac{a/}{\Delta Q/Q}}$
1968-1976	.424	.592	899.535	118.349	41.463	824.77	91.69

a/ P.G. es igual a productividad global =  $\frac{\Delta Q}{Q} - EQ_1 K_2 \frac{\Delta K_2}{K_2} - EQ_1 L_2 \frac{\Delta L_2}{L_2}$

Lo que estos resultados nos indican es que si tomamos el período 1968-1976, de una tasa de crecimiento del producto de 899.5%, únicamente el 74.76% se debe a crecimiento de los insumos y 824.77 a otros factores, o sea, el 91.7% del crecimiento del producto puede ser atribuible a la productividad global o al residuo no explicado de la regresión.

En la regresión encontramos una  $R^2$  (coeficiente de correlación) muy baja (52%), esto nos indica que las variables independientes  $K_2$  y  $L_2$  "explicaban" sólo la mitad de lo que pasaba con la producción, o sea, Q, por lo cual, el residuo debe ser grande y no se puede considerar todo como atribuible a la productividad, sino que una parte se debe a un ajuste pobre de los datos en la regresión. Sin embargo,

/efectuaremos



efectuaremos el análisis con fines ilustrativos y con el propósito de arrojar más luz sobre el tema y profundizar en las comparaciones con otros métodos.

A continuación se realizará el estudio en forma anual con el objeto de conocer las variaciones en la productividad cíclicamente y las causas de dichos cambios.

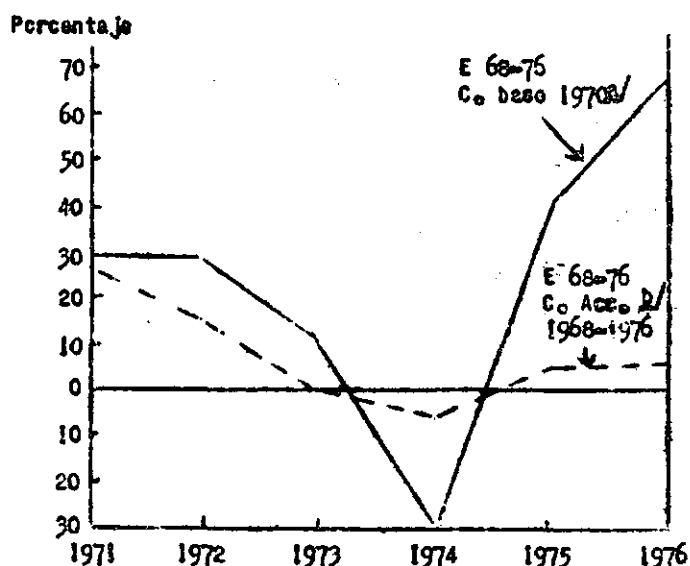
Cuadro 6

PRODUCTIVIDAD GLOBAL

	E 68-76 L <sub>2</sub> K <sub>2</sub> C. base <sup>a/</sup> 1970	E 68-76 L <sub>2</sub> K <sub>2</sub> C. Acc. <sup>b/</sup> 1968-1976
1971	29.36	27.49
1972	28.38	10.63
1973	10.19	.78
1974	-30.31	-6.20
1975	42.99	5.95
1976	67.96	6.49

Gráfico 6

PRODUCTIVIDAD GLOBAL



- a/ Donde: C. base 1970 significa que el cálculo de la productividad de cada año se hace tomando un año base fijo 1970, y a partir de él se encuentran las tasas de crecimiento de las variables para cada año del período.
- b/ Donde: C. Acc. 1968-1976 se refiere al hecho de tomar el valor acumulado de las variables hasta el año anterior al que se está estimando para efectuar el cálculo de las tasas de crecimiento.

Al observar el gráfico encontramos que existe poca confiabilidad de los datos absolutos de la productividad global, ya que hay mucha variación entre ellos, y una similitud en la tendencia a subir o bajar de un año a otro sin importar el método de medición.

Conclusiones

- a) En 1972 se tuvo una disminución en la productividad con respecto a 1971 en las mediciones que usan K y L, porque las erogaciones monetarias para la ampliación de dos a tres líneas de producción se efectuaron en 1972

/pero el

pero el reflejo en el incremento en unidades producidas con la expansión se tuvo hasta 1973, lo que origina una baja productividad en capital medido en pesos. Usando  $K, L, M, P$  para el mismo año se tuvo un aumento en la productividad con respecto a 1971; esto se debió a que la productividad de la materia prima (el olote) en 1972 fue muy alta (la mayor que han tenido), lo que permitió que al multiplicarse el crecimiento de la materia prima por un peso muy alto, o sea, su participación en el costo de producción, alcanzara a contrabalancear la tendencia a la baja del capital y mano de obra, lográndose un aumento neto en la productividad.

b) En 1973 y 1974 se encontró baja en la productividad con respecto a 1972 y 1973 respectivamente; esto fue debido a que las erogaciones de capital en 1972 mantuvieron un valor muy alto de  $K$  y a que en 1974 se tuvieron que efectuar nuevas inversiones para poner todo el equipo, maquinaria e instalaciones de la nueva sección en capacidad de trabajar en 1975. Al no verse estos altos valores de  $K$  compensados o reflejados en incrementos en producción, ya que en 1973 se trabajaron únicamente cuatro meses con tres líneas y en 1974 se trabajó con dos líneas, originó disminuciones en la productividad de estos años.

c) En 1975 aumentó la productividad global con respecto a 1974, ya que la inversión fuerte de la tercera sección tenía algunos años de irse depreciando y hubo aumentos considerables en producción.

d) En 1976 aumentó la productividad con respecto a 1975 porque en estos dos años no se efectuó ninguna inversión de importancia y la inversión de la tercera sección seguía depreciándose, mientras que la producción seguía en aumento.

## 2. Cálculo en base a la participación de los factores en el costo de producción

Tanto este método como el que utiliza la participación de los factores en el valor de la producción, presentan la característica de que nos darían los mismos resultados que los obtenidos utilizando el método de las elasticidades si se tuvieran condiciones de competencia perfecta en el mercado de factores. En los casos en que se emplean los métodos que utilizan las participaciones como aproximación a las elasticidades, la suma de las participaciones de los factores debe ser igual a la unidad, esto es, se "agota el producto" (teorema de Euler). La participación del capital se saca por diferencia, esto es,  $1 -$  participación de otros factores.

/Para el

Para el caso de FYDSA sabemos que existen imperfecciones en el mercado de factores; sin embargo, se presentarán brevemente los resultados con el propósito de ejemplificar el empleo de estos métodos y de efectuar comparaciones con otras formas de medición. Somos conscientes de que los valores absolutos que se encuentran como representativos de la productividad global no son confiables, pero creemos que pueden ser de utilidad, ya que se encontró una relación muy estrecha entre todos los métodos utilizados en cuanto a la dirección (aumentos o disminuciones) y la tendencia de las variaciones de la productividad entre años. Creemos que aun utilizando un método muy preciso para medir la productividad, los valores absolutos encontrados pueden variar grandemente con un simple cambio del año base o diferentes formas de estimar el crecimiento de las variables. Por esto consideramos que es sumamente complicado y riesgoso decir en cuánto cambió la productividad pero lo que sí se puede es decir si la productividad subió o bajó de un año con respecto a otro.

Los cálculos para medir la productividad global empleando la participación de los factores en el costo de producción se efectuaron utilizando las siguientes variables:

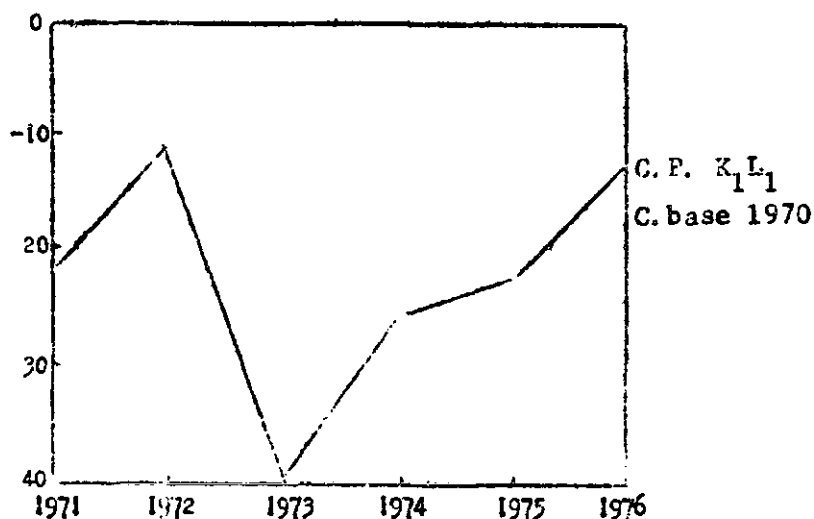
a) Por capital  $K_1$  y por trabajo  $L_1$

Las tasas de crecimiento de las variables se estimaron comparando cada año con respecto a un año base fijo (1970).

Cuadro 7

	C. P. $K_1 L_1$ C. base 1970
1971	-21.57
1972	-11.06
1973	-40.21
1974	-25.63
1975	-21.96
1976	-11.60

Gráfico 7



/b) Por capital

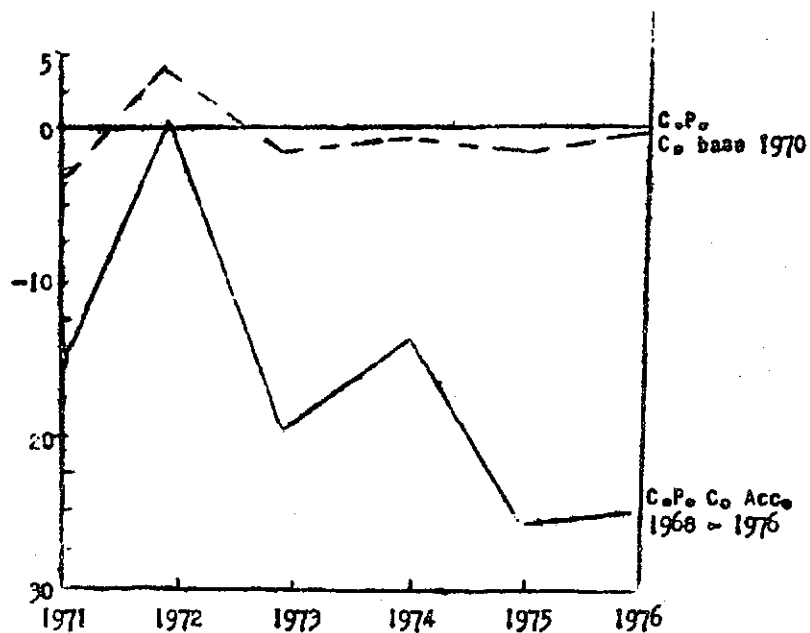
b) Por capital  $K_1$ , por trabajo  $L_1$  y por materia prima M.P.

Las tasas de crecimiento de las variables se estimarán con un año base fijo 1970 y con los valores acumulados tomando una base variable al igual que lo realizado en la sección anterior de las elasticidades.

Cuadro 8

	C.P. $K_1 L_1 M.P.$ C. base 1970	C.P. $K_1 L_1 M.P.$ C. Acc. 1968-1976
1971	-15.63	-3.68
1972	0.07	4.12
1973	-19.03	-1.87
1974	-13.75	-0.78
1975	-27.57	-1.88
1976	-24.65	-0.47

Gráfico 8



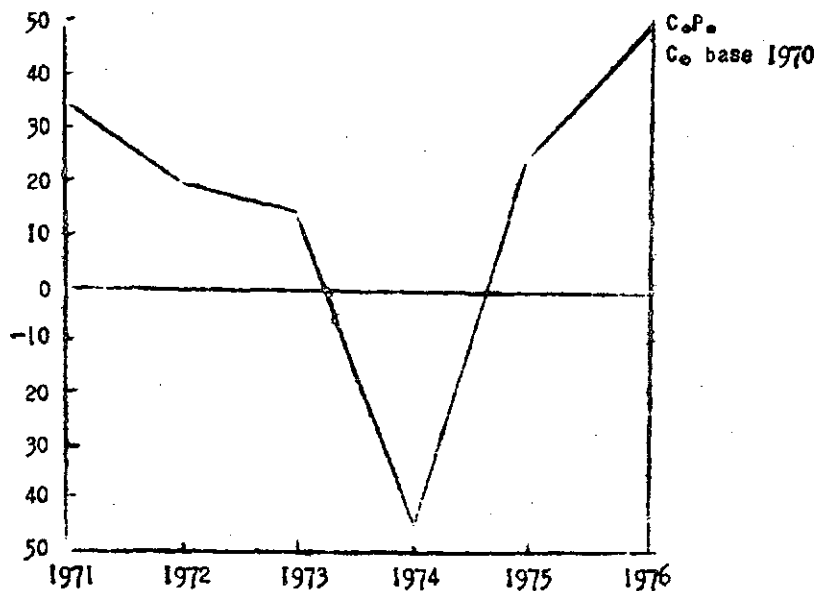
c) Utilizando como capital  $K_2$  y como trabajo  $L_2$

Las tasas de crecimiento de las variables se estimarán tomando cada año con respecto a un año base fijo (1970).

Cuadro 9

	C.P. $L_2 K_2$ C. base 1970
1971	34.83
1972	19.01
1973	14.44
1974	-46.01
1975	27.33
1976	53.00

Gráfico 9



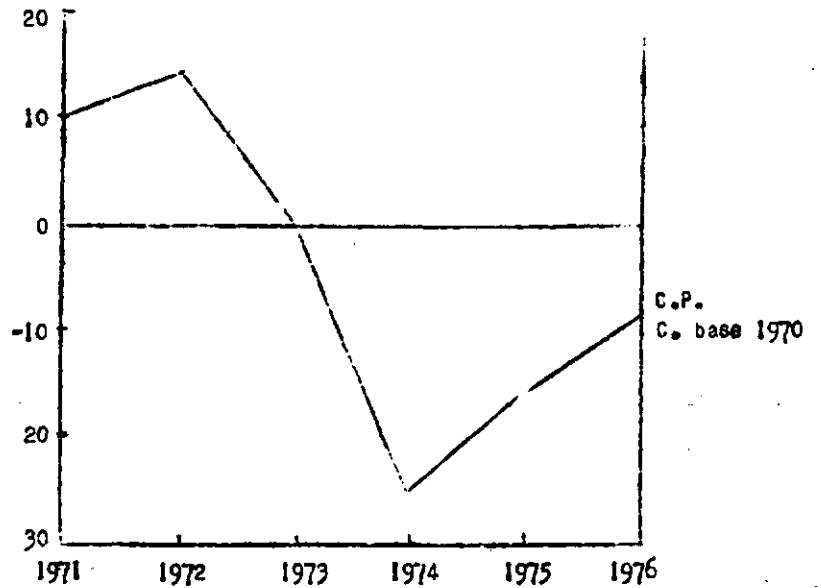
/d) Utilizando

d) Utilizande como capital  $K_2$ , como trabajo  $L_2$  y como materia prima M.P.

Cuadro 10

	C.P. $L_2$ $K_2$ M.P. C. base 1970
1971	10.41
1972	14.06
1973	0.31
1974	-26.27
1975	-15.15
1976	-7.29

Gráfico 10



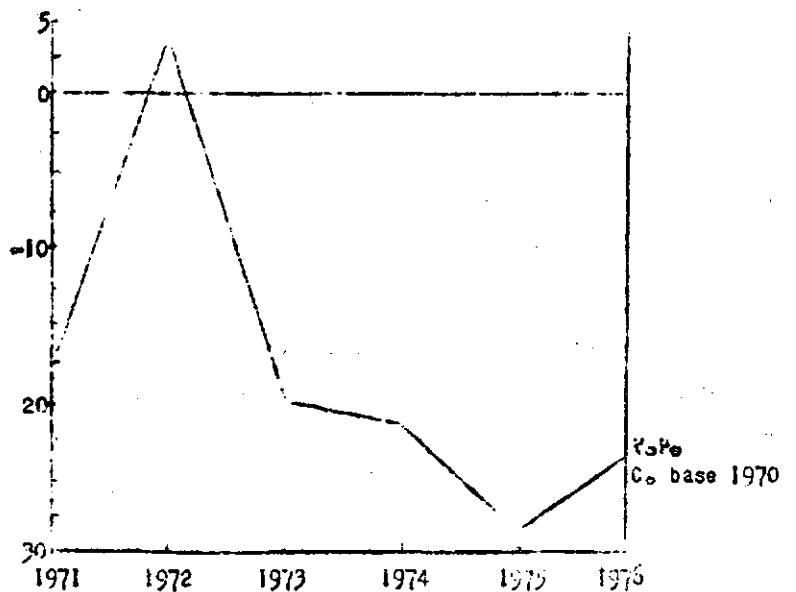
3. Cálculo en base a la participación de los factores con respecto al valor de la producción

Por capital  $K_1$ , por trabajo  $L_1$  y por materia prima M.P.

Cuadro 11

	V.P. $K_1$ $L_1$ M.P. C. base 1970
1971	-17.00
1972	3.304
1973	-19.73
1974	-20.73
1975	-28.30
1976	-22.92

Gráfico 11



4. Resumen de resultadosa) Utilizando las variables  $K_1 L_1$  y  $K_1 L_1 M.P.$ 

Cuadro 12

	Método de medición					
	Elasticidades <sup>a/</sup>		Costo de producción			Valor de la producción
	$K_1 L_1$ Base 1970	$K_1 L_1$ Acc. base variable	$K_1 L_1$ Base 1970	$K_1 L_1 M.P.$ Base 1970	$K_1 L_1 M.P.$ Acc. base variable	$K_1 L_1 M.P.$ Base 1970
1972 con respecto a 1971	↑	↑	↑	↑	↑	↑
1973 con respecto a 1972	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1974 con respecto a 1973	↑	↑	↑	↑	↑	↓
1975 con respecto a 1974	↑	↑	↑	↓	↓	↓
1976 con respecto a 1975	↑	↑	↑	↑	↑	↑

a/ Los resultados utilizando el método de las elasticidades y las variables  $K_1 L_1$  fueron presentados en el cuerpo del trabajo y no en este anexo.

El análisis de los resultados obtenidos al usar  $K_1$  y  $L_1$  como variables para capital y trabajo, respectivamente, fue presentado en el capítulo V de este trabajo, utilizando el método de las elasticidades; por tener exactamente las mismas tendencias en la productividad al emplear los otros métodos expuestos en este anexo, consideramos innecesario repetirlo. Los resultados son idénticos en cualquiera de los métodos seleccionados al utilizar las variables  $K_1$  y  $L_1$ ; sin embargo, al utilizar como factores de producción  $K_1$ ,  $L_1$  y M.P., los resultados de la tendencia de la productividad coinciden para todos los años, excepto para 1975, en donde se encuentran resultados opuestos, por lo cual en este anexo trataremos de encontrar las causas de esta divergencia.

Para K, L, M.P.: la productividad en 1975 con respecto a 1974 bajó porque se trabajó nuevamente con 3 líneas de producción; sin embargo, esta disminución tuvo una pendiente menor (en los 3 métodos de medición) que la pendiente que representó la disminución en 1973. Esto nos indica que aumentó el costo y bajó la productividad porque se pasaba por una nueva etapa de

/aprendizaje

aprendizaje, pero dicha disminución fue menor proporcionalmente a la de 1973 porque ya se contaba con algo de experiencia previa (1973) en el manejo de 3 líneas.

Cuando tomamos tres factores de producción K, L, M.P., la productividad global baja utilizando los 3 métodos de medición, y cuando tomamos únicamente K y L, la productividad sube en todos los métodos de medición para estos dos factores. El por qué de esta situación lo encontramos fundamentalmente con cifras en la siguiente sección, donde se puede observar que la productividad de la materia prima (olote), sufrió una disminución importante con respecto a 1974, y tomando en cuenta que la participación de la materia prima en el costo de producción representa el 53.2%, en promedio, vemos que el peso que tiene lo que le pase a la materia prima es muy importante en la determinación de la productividad global. A pesar de haber aumentado las productividades del capital y del trabajo en estos factores, tienen un peso mucho menor, lo que origina que, al tomar los tres factores de producción, el efecto neto en la productividad global haya sido una disminución, y el caso contrario cuando se toma únicamente K y L, ya que la participación del capital se calcula:  $1 - \text{participación de la mano de obra}$ , lo que le da un gran peso al capital y, como las horas digestor efectivas trabajadas en relación a la producción obtenida fueron menores en 1975 que en 1974, hacen que la productividad global aumente tomando sólo K, L como factores de producción.

b) Utilizando las variables  $K_2L_2$  y  $K_2L_2M.P.$

Cuadro 13

## METODO DE MEDICION

	Elasticidades		Costo de producción	
	$K_2L_2$ Base fija 1970	$K_2L_2$ Acc. base variable	$K_2L_2$ Base fija 1970	$K_2L_2M.P.$ Base fija 1970
1972 con respecto a 1971	↓	↑	↓	↑
1973 con respecto a 1972	↓	↓	↓	↓
1974 con respecto a 1973	↓	↓	↓	↓
1975 con respecto a 1974	↑	↑	↑	↑
1976 con respecto a 1975	↑	↑	↑	↑

Al igual que en el inciso anterior, los resultados obtenidos por cualquiera de los métodos al utilizar  $K_2$  y  $L_2$  demuestran exactamente las mismas tendencias todos los años. En esta sección no se presentará un análisis de los resultados para cada año, ya que esto fue hecho anteriormente en este anexo, en la sección 1, con el método de las elasticidades (en el cual se obtienen las mismas tendencias que utilizando otros métodos); sin embargo, al comparar los resultados de las tendencias de la productividad por todos los métodos, únicamente para 1972 se encuentran resultados opuestos al emplear  $K_2L_2$  con respecto a  $K_2L_2M.P.$ , lo que nos lleva a tratar de encontrar las causas de dicha diferencia.

En 1972 se tuvo una disminución en la productividad con respecto a 1971 en las mediciones que usan K y L, porque las erogaciones monetarias para la ampliación de dos a tres líneas de producción se efectuaron en 1972, pero el reflejo en el incremento en unidades producidas con la expansión se tuvo hasta 1973, lo que origina una baja productividad en capital medido en pesos. Usando K, L, M.P., para el mismo año, se tuvo un aumento en la productividad con respecto a 1971; esto se debió a que la productividad de la materia prima (el olote) en 1972 fue muy alta (la mayor que han tenido), lo que permitió que al multiplicarse el crecimiento de la materia prima por un peso muy alto, o sea su participación en el costo de producción, alcanzara a contrabalancear la tendencia a la baja del capital y mano de obra, lográndose un aumento neto en la productividad.



## III. COSTOS E INGRESOS TOTALES

Por no contar con información sobre el total de costos, usaremos en su lugar los costos de producción. (Véase el cuadro 14.)

Cuadro 14

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION E INGRESOS TOTALES  
 $P + Q \frac{dP}{dQ} = I. Mg.$

	Costos totales de producción	Ingresos totales por ventas	Costo marginal	Ingreso marginal
1970	3 173 925	3 983 733		
1971	4 611 600	6 470 540	5.97	11.38
1972	5 110 026	7 085 649	8.89	18.57
1973	5 840 284	6 547 910	115.00	7.84
1974	9 617 568	14 316 485	38.40	62.04
1975	16 534 350	24 638 400	15.04	24.41
1976	19 630 062	27 623 141	18.84	17.67

En los gráficos 12 y 13 observamos que la empresa ha tenido un ingreso marginal mayor que el costo marginal (tomando únicamente costos de producción) en todos los años, excepto en 1973 que fue cuando la empresa empezó a exportar con una venta a Brasil. El aprendizaje que tuvo que vivir la empresa como exportador para conocer todos los requisitos legales, mercados, precios, transporte, envase, etc., le costó una pérdida considerable; sin embargo, ese costo por aprender no provino de una política explícita. El conocer el mercado brasileño le proporcionó al empresario la posibilidad de la futura venta que realizó del proceso FYDSA.

Gráfico 12

COSTOS E INGRESOS TOTALES

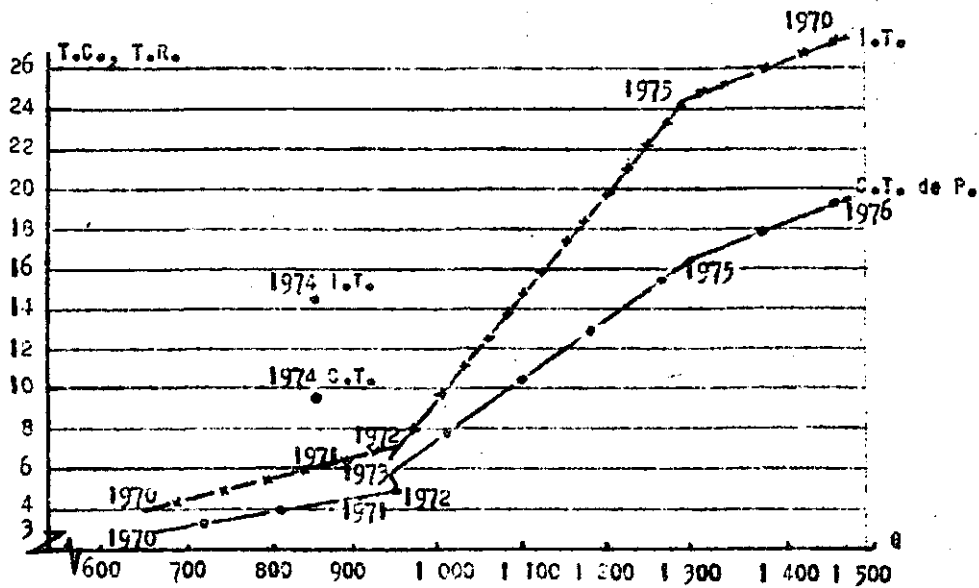
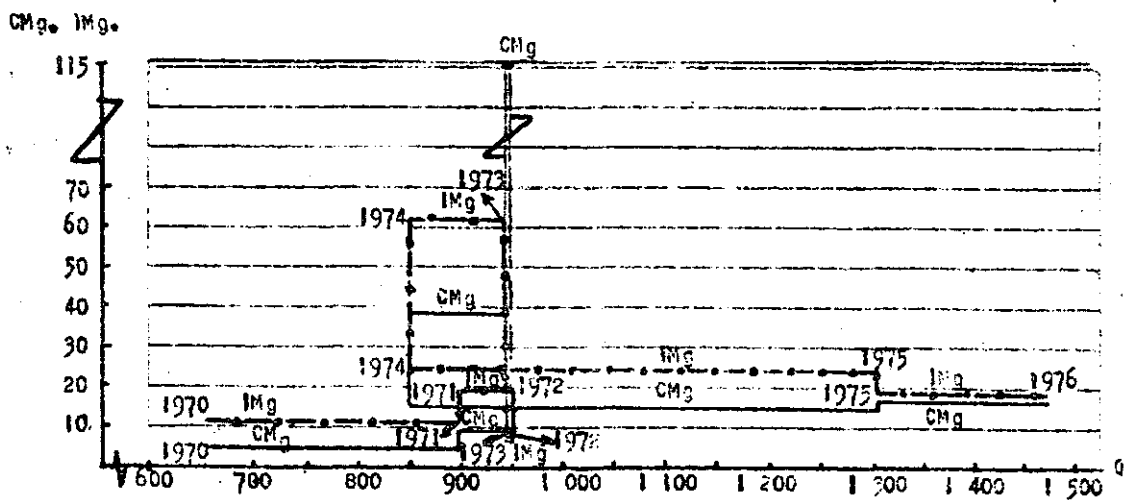


Gráfico 13

COSTOS DE PRODUCCION MARGINALES E INGRESOS MARGINALES



IV. APRENDIZAJE

Se intentó medir los cambios en la productividad global (tomando  $E_{Q,K} = .57$  y  $E_{QL} = .33$ ) en función del crecimiento en la producción acumulada (efecto Verdoon) como medida de "learning by doing" y se estimó que aproximadamente el 10% de las horas efectivas trabajadas del personal en funciones técnicas lo dedicaban a tareas de investigación y desarrollo.

$$\Delta P.G. = f(\Delta AQ/Q \text{ Acc.}, \Sigma I.D./L).$$

Donde: L = número de obreros, empleados y personal en funciones técnicas.

Se eliminó 1974 por ser un año completamente atípico y se hicieron las regresiones con únicamente los 4 años disponibles, con

$$\Delta P.G. = B_1 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.} + B_2 \frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$$

con los siguientes resultados:  $\Delta P.G. = .7337 \ 9898 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.} - .1289526 \frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$

el signo del coeficiente  $B_2$  nos hace rechazar esta regresión; el término constante se eliminó porque no es posible tener cambios en la productividad cuando el producto es nulo. Se efectuó la regresión con  $\Delta P.G. \lambda = B_1 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$

con los siguientes resultados:  $\Delta P.G. = .1526444 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$ ; sin embargo, el coeficiente de correlación fue muy bajo (.35), así como el valor del estadístico t de student (1.018). Consideramos por esto que el problema principal es que contamos con muy pocos datos para la regresión, ya que el "learning by spending" puede surtir sus efectos en un plazo más largo; sin embargo, hay completa uniformidad positiva (en cuanto a la dirección del cambio) entre los cambios en la productividad global y el crecimiento acumulado del producto. (Véase el cuadro 15.)

Cuadro 15  
APRENDIZAJE

	$\Delta P.G.$	$\frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$	$\frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$	Años	$\Delta P.G.$	$\frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$	$\frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$
1972	20.24	46.66	142.22				
1973	-7.31	31.60	134.48	1973 con 1972	+	+	+
1975	7.88	33.21	157.90	1975 con 1973	+	+	+
1976	.49	28.07	179.31	1976 con 1975	+	+	+



IV. APRENDIZAJE

Se intentó medir los cambios en la productividad global (tomando  $E_Q, K = .67$  y  $E_{QL} = .33$ ) en función del crecimiento en la producción acumulada (efecto Verdoon) como medida de "learning by doing" y se estimó que aproximadamente el 10% de las horas efectivas trabajadas del personal en funciones técnicas lo dedicaban a tareas de investigación y desarrollo.

$$\Delta P.G. = f(\Delta AQ/Q \text{ Acc.}, \Sigma I.D./L).$$

Donde: L = número de obreros, empleados y personal en funciones técnicas.

Se eliminó 1974 por ser un año completamente atípico y se hicieron las regresiones con únicamente los 4 años disponibles, con

$$\Delta P.G. = B_1 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.} + B_2 \frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$$

con los siguientes resultados:  $\Delta P.G. = .7337 \ 9898 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.} - .1289526 \frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$

el signo del coeficiente  $B_2$  nos hace rechazar esta regresión; el término constante se eliminó porque no es posible tener cambios en la productividad cuando el producto es nulo. Se efectuó la regresión con  $\Delta P.G. \lambda = B_1 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$

con los siguientes resultados:  $\Delta P.G. = .1526444 \frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$ ; sin embargo, el coeficiente de correlación fue muy bajo (.35), así como el valor del estadístico t de student (1.018). Consideramos por esto que el problema principal es que contamos con muy pocos datos para la regresión, ya que el "learning by spending" puede surtir sus efectos en un plazo más largo; sin embargo, hay completa uniformidad positiva (en cuanto a la dirección del cambio) entre los cambios en la productividad global y el crecimiento acumulado del producto. (Véase el cuadro 15.)

Cuadro 15  
APRENDIZAJE

	$\Delta P.G.$	$\frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$	$\frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$	Años	$\Delta P.G.$	$\frac{\Delta Q}{Q} \text{ Acc.}$	$\frac{\Sigma I.D. \lambda}{L}$
1972	20.24	46.66	142.22				
1973	-7.31	31.60	134.48	1973 con 1972	+	+	+
1975	7.88	33.21	157.90	1975 con 1973	+	+	+
1976	.49	28.07	179.31	1976 con 1975	+	+	+



C.

Publicación Impresa por  
Reprografías JMA S.A.  
SAN JOSE 1573  
Buenos Aires







