



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE PROCESOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A :

JUAN ALBERTO COLLI RAMÍREZ



MÉXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente: Dr. Reynaldo Sandoval González
Vocal: I. Q. Antonio Francisco Díaz García
Secretario: M. en C. Hugo Norberto Ciceri Silvenses
1er. Suplente: I. Q. José Antonio Ortiz Ramírez
2do. Suplente: Dr. Fernando Barragán Aroche

Sitio en donde se desarrollo el tema:

Edificio "D", cubículo 8.
Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
México, D. F.

Asesor del tema
M. en C. Hugo Norberto Ciceri Silvenses

Sustentante
Juan Alberto Colli Ramírez

Agradecimientos

Gracias a Dios.

A ti Ángeles, por tú apoyo, comprensión y tú tiempo, gracias Dulce y gracias Jesús.

A mí Mamá Socorro y a mí Papá Delio Colli que en paz descansen †, si se pudo. Gracias Papá Beto † y Papá Julio.

Gracias a todos los miembros del Honorable Jurado, Maestro Antonio Díaz y Maestro Reynaldo Sandoval, por su tiempo y guía en el desarrollo de este trabajo.

Gracias por creer en mi, cuando yo no lo hacia, gracias por todo su apoyo, sus consejos y su atinada guía, maestro Hugo Norberto Ciceri S.

Gracias a mis Suegros que me apoyaron, José y María Luisa, gracias compadre Guille.

A todos mis amigos y compañeros del Hospital Psiquiátrico “Fray Bernardino Álvarez”, que durante años me apoyaron y ayudaron a terminar mi carrera.

Gracias jefe Jorge Sánchez Clairin, que me guió, apoyo como un padre y que con su guía me enseñó a trabajar, a resolver cualquier problema y a no decir: no se puede.

A todos mis amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma me ayudaron a culminar este trabajo, gracias compadre Viernes, Alfredo López Vicuña.

Gracias Universidad Nacional Autónoma de México, por forjarme como profesionalista.

“Todos nuestros sueños se hacen realidad, si tienes el coraje de llevarlos a cabo”, Walt Disney
“Los sueños son sumamente importantes. Nada surge sin que antes te lo imagines”, Steven Spielberg.

“Pocos descubrimientos son enormes y grandiosos, pero hay más cosas grandiosas en pequeños descubrimientos”, Juan Colli.

Índice general

	Página
Carátula	1
Índice general	4
Índice de figuras	7
Índice de gráficas	8
Índice de tablas	9
Introducción	10
Capítulo 1.- Conceptos	12
1.1. Definiciones	13
1.1.1. Tecnología	15
1.1.2. Tipos de tecnología	23
1.2. Proyecto	29
1.2.1. Concepto de proyecto	29
1.2.2. Clasificación de proyectos	30
1.2.3. Relación entre proyectos	31
1.3. Paquete tecnológico	34
1.3.1. Diseño de la planta	34
1.3.2. Paquete de ingeniería básica	35
1.3.3. Paquete de ingeniería de detalle	36
1.4. Servicios de soporte técnico	37
1.5. Transferencia de tecnología	37
1.6. Asimilación de tecnología	47
1.7. Tipos de transacciones de transferencia de tecnología	47
1.8. Costo de adquisición de tecnología	51
1.8.1. Alternativas de formas de pago por transferencia de tecnología	52
1.8.1.1. Pago de regalías en la transferencia de tecnología.	53
1.9. Patentes	56
1.9.1. Definición	56
1.9.2. Su utilidad	58
1.9.3. Tipos de invenciones	58
1.9.4. Registro y solicitud	60
1.9.5. Convenio de París	63
1.9.6. Diferencia entre patente y modelo de utilidad	65
1.9.7. Patente y modelo industrial	66
Conclusiones	69
Capítulo 2.- Elementos para la selección de procesos	70
2.1. Marco teórico de la selección de procesos	72
2.1.1. Niveles y sujetos en la evaluación y selección de procesos	75
2.1.2. Tipos de evaluación dentro de la selección de procesos	76
2.1.3. La selección de alternativas tecnológicas a través de la evaluación	80

2.2. Estimación de costos: económico-financieros en la selección de procesos	83
2.2.1. Valor del dinero a través del tiempo o valor futuro (VF)	84
2.2.2. Flujo de efectivo	85
2.2.3. Criterios para la selección mediante una evaluación económico-financiera	87
2.2.3.1. Flujo efectivo descontado (FED) o valor actual (VA)	88
2.2.3.2. Valor presente neto (VPN)	89
2.2.3.3. Tasa interna de rendimiento (TIR)	90
2.2.3.4. Beneficio/costo (B/C)	90
2.2.3.5. Valor terminal (VT)	91
2.2.3.6. Tasa de rendimiento promedio (TRP)	92
2.2.3.7. Período de retorno de la inversión (PRI)	93
2.2.3.8. El criterio apropiado de decisión	94
2.3. Métodos para evaluar y seleccionar alternativas tecnológicas	96
2.3.1. Métodos para la evaluación de proyectos	97
2.3.1.1. El método de Melnick (1965)	97
2.3.1.2. El método de Giral (1974) y Giral-González. (1980)	104
2.3.1.3. El método del Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, (1985)	111
2.3.1.4. El método de Giral (1994)	115
2.3.2. Métodos para la valuación de tecnologías	119
2.3.2.1. El método de Tang Hao (1986)	121
2.3.2.2. El método de Roa y Colaboradores (1989)	122
2.3.3. Métodos para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión	127
2.3.3.1. El método de Castellanos y Cano (1979)	127
2.3.3.2. El método de Sharif y Sundarajan (1983)	130
2.3.3.3. El método de Landis y Hamilton (1984)	134
2.3.3.4. El método de Rodríguez y Solleiro (1991)	141
2.3.4. Aspectos generales de los métodos	143
Conclusiones	151
Capítulo 3.- Metodología para la selección de procesos	153
3.1. Metodología para la selección de alternativas tecnológicas	154
3.1.1. El proceso de selección	158
3.1.2. Desarrollo de la metodología	164
3.1.2.1. Selección técnica del proceso	170
3.1.3. Metodología de la selección	176
Conclusiones	191
Capítulo 4.- Caso práctico: el ácido láctico	193
4.1. Generalidades	195
4.1.1. Descripción del ácido láctico	195
4.2. Propiedades físicas y químicas	198
4.3. Usos del ácido láctico	200
4.3.1. Derivados del ácido láctico	209

4.3.2. Grados industriales del ácido láctico	217
4.4. Aspectos técnicos del ácido láctico	218
4.4.1. Métodos generales de obtención	218
4.4.2. Síntesis	221
4.4.3. Recuperación, extracción y/o purificación del ácido láctico	223
4.5. Análisis del mercado	227
4.5.1. Naturaleza del producto	228
4.5.2. Productos sustitutivos	228
4.5.3. Tipos de ácido láctico, en su forma comercial más usada	229
4.5.4. Productos que compiten con el ácido láctico	231
4.5.5. Producto comercial	232
4.5.6. Estudio de la oferta	234
4.5.6.1. Producción del ácido láctico en México y principales países exportadores hacia México	234
4.5.6.2. Principales fuentes de abastecimiento en México	236
4.5.7. Historia de las empresas productoras de ácido láctico	237
4.5.8. Especificaciones técnicas del producto	238
4.6. Patentes y publicaciones	242
4.6.1. Análisis de las patentes y publicaciones de acuerdo al mercado de consumo	244
4.7. Tecnologías disponibles en el mercado nacional e internacional	254
4.7.1. Sheffield Farms Co. produce caseína, lactosa cruda., lactosa U.S.P., lactalbumina y forrajes para animales	264
4.7.2. Sugar Research Foundation produce ácido láctico a partir de melaza, o caña de azúcar cruda	271
4.7.3. Monsanto Co. produce ácido láctico a partir del lactonitrilo.	273
4.8. Aspectos técnicos	273
4.8.1. Cambios bioquímicos que ocurren durante la fermentación de alimentos con alto contenido de proteína	273
4.8.2. Reactores y sistemas de fermentación	276
4.9. Selección de tecnología mediante la metodología (análisis de alternativas)	283
4.10. Aplicación de la metodología propuesta	287
Conclusiones	292
Capítulo 5.- Conclusiones	295
Anexos	299
Anexo 1.- Clasificación internacional de productos y servicios	300
Anexo 2.- Criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor	304
Anexo 3.- Lista de comprobación y control del contenido de un proyecto	307
Bibliografía	319

Índice de figuras

N° de figura	Descripción	Página
1.1	Elementos del sistema tecnológico	21
1.2	Productos sustituibles o mutuamente excluyentes	32
1.3	Fases de un proyecto industrial	33
2.1	Actitud del seleccionador ante la selección	74
2.2	Actividades en el proceso de evaluación “ex-Ante”	79
2.3	Actores en el proceso de transferencia de tecnología	82
2.4	Valor terminal	92
2.5	Metodología de alternativas tecnológicas	133
3.1	Diagrama de flujo de la etapas en un proceso de evaluación y selección	156
3.2	Modelo de actores dentro de la selección y evaluación	157
3.3	Flujo de información entre actores	159
3.4	Diagrama de flujo del proceso general de selección de alternativas tecnológicas	161
3.5	Modelo de caja negra del proceso de transformación	165
3.6	Visión ampliada de un proyecto de transformación	166
3.7	Metodología propuesta para la selección de procesos	178
3.8	Diagrama de flujo de los aspectos a evaluar dentro de la selección de tecnologías	183
4.1	Potencial industrial de productos formados por ácido láctico	233
4.2	Diagrama de flujo de la planta American Maize	257
4.3	Diagrama de bloques para la producción de ácido en la planta American Maize	258
4.4	Diagrama de flujo para la producción de lactato de calcio en la planta American Maize	263
4.5	Diagrama de bloques para la producción de lactato de calcio en la planta American Maize	264
4.6	Diagrama de bloques para la producción de lactosa	265
4.7	Diagrama de bloques para la producción de ácido láctico en el laboratorio de Sugar Research Foundation	272
4.8	Conversión de almidón y celulosa a ácido láctico	274
4.9	Reactores con agitación mecánica	277
4.10	Tipos de rectores	278

Índice de gráficas

N° de gráfica	Descripción	Página
4.1	N° de patentes y publicaciones de manufacturas de ácido láctico (1920-1984)	244
4.2	% del total de patentes que corresponden a cada sector (1955-1984)	247
4.3 A	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Catalizador	248
4.3 B	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Alimentos	249
4.3 C	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Recubrimientos	249
4.3 D	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Plasticidas (polímeros)	249
4.3 E	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Curtido	250
4.3 F	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Inhibidor de corrosión	250
4.3 G	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Resinas	250
4.3 H	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Solventes	251
4.3 I	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Electroplateado	251
4.3 J	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Fotografía	251
4.3 K	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Litografía y tintes	252
4.3 L	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Bebidas	252
4.3 M	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Farmacéuticos	252
4.3 N	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) – Herbicidas, Funguicidas, Insecticidas	253
4.3 O	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Industria textil	253
4.3 P	Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico (1955-1984) - Electroquímica	253
4.4	Relación potencia volumen para fermentadores	282

Índice de tablas

N° de tabla	Descripción	Página
1.1	Características de los cuatro tipos de tecnologías	25
1.2	Clasificación de proyectos	30
1.3	Servicios de soporte técnico	37
2.1	Función de la evaluación ex-ante	78
2.2	Lista de criterios de plausibilidad.	107
2.3	Criterios de plausibilidad para la evaluación de proyectos.	110
2.4	Tabla de ponderación para tecnología apropiada	111
2.5	Formato adaptado para solicitud de aprobación de inversión	116
2.6	Formato de resumen financiero de un proyecto	118
2.7	Factor (A): Intensidad tecnológica	124
2.8	Factor (B): Competitividad internacional	125
2.9	Factor (C): Grado de desarrollo	125
2.10	Factor (D): Ventajas comerciales	125
2.11	Factor (E): Exclusividad	126
2.12	Aspectos y criterios de evaluación de alternativas tecnológicas	128
2.13	Clasificación de factores (criterios)	131
2.14	Consideraciones para algunas categorías	136
2.15	Tabla para la evaluación de procesos	138
2.16	Escala de valores numéricos para las categorías	139
2.17	Aspectos y criterios de evaluación de alternativas	142
2.18	Clasificación de las metodologías y sus principales características	147
4.1	Propiedades físicas y termodinámicas del ácido láctico	200
4.2	Importaciones de ácido láctico en México (1983-1998)	234
4.3	Distribuidores de ácido láctico en el año 2001	235
4.4	Distribuidores de ácido láctico en el año 2006	236
4.5	Empresas productoras de ácido láctico	238
4.6	Mercado de consumo del ácido láctico: sectores industriales a los que va dirigido el producto	240
4.7	Número de patentes artículos publicados de 1920 a 1984 sobre manufactura del ácido láctico	243
4.8	Sectores de consumo de ácido láctico y empresas que dominan dichos sectores (1955-1984)	246
4.9	Procesos para la obtención del ácido láctico	256
4.10	Sistemas de fermentación	276
4.11	Sistemas de reactores para diversos productos de fermentación	278
4.12	Tabla comparativa de los procesos relacionados para el análisis y la selección de la alternativa más factible según Hugo Ciceri	286
4.13	Pasos a seguir dentro de la metodología	287
4.14	Aspectos a considerar en la evaluación	288
4.15	Escala de valores numéricos para las categorías	289
4.16	Consideraciones para algunas categorías	289
4.17	Selección de aspectos o categorías así como factor de valoración o ponderación	290
4.18	Tabla para la evaluación de procesos	291

Introducción

La presente tesis tiene como objetivo elaborar una metodología que permita seleccionar tecnologías de proceso en plantas químicas de una forma racional y coherente, mediante una evaluación y su posterior selección. Para lograr este fin se dispuso en el presente trabajo de 5 capítulos, que permitirán lograr el objetivo anterior.

En el primer capítulo, se presentan los conceptos básicos del trabajo, que permitirán conceptualizar todos los términos, que serán usados a lo largo de la tesis, y que facilitarán dar paso a selección de procesos.

En el segundo capítulo, se presentan todos los elementos que son necesarios para la selección de procesos, iniciando con el marco teórico de la metodología propuesta, los términos económicos-financieros, además se presentaran y compararán métodos de evaluación de alternativas tecnológicas y de procesos, que permitirán la elaboración de la metodología propuesta

El capítulo tres, es la parte fundamental de este trabajo, en este capítulo se presenta la metodología propuesta para la selección de procesos. Empezado por cómo es el proceso de selección, su desarrollo, parámetros que fueron usados y la metodología propuesta.

En el capítulo cuatro, se presenta el caso práctico de la metodología propuesta. Se aplicará la metodología propuesta usando el caso del ácido láctico y se dará el resultado del método propuesto, para esto se apoyará el presente trabajo de uno realizado anteriormente; en donde hay una selección, con el fin comparar el resultado con la metodología propuesta.

Para finalizar en el capítulo cinco, se darán las conclusiones de la metodología propuesta, mostrando las aportaciones hechas, las ventajas de la misma y sobre todo el resultado del objetivo.

CAPÍTULO 1

Conceptos



La selección de procesos y sus tecnologías en proyectos de inversión, es un área que requiere conocimientos multidisciplinarios, por lo que es conveniente definir los conceptos utilizados en ella. Para propósitos de presentación, estos conceptos pueden ser clasificados en: (1) Tecnológicos, (2) Generales relacionados con la definición de proyecto y (3) Económico-financieros.

Las siguientes definiciones por ser breves no son necesariamente las mejores, ni las más precisas; pero siendo prácticas son las que se usan en los capítulos siguientes y se trató de que fueran lo más consistentes entre sí, a pesar de su limitada extensión. Además de los términos aislados, en algunos casos se incluya el desglose de las partes que conforman los términos, ya que quizás sea la manera mejor y la más práctica de aclarar puntos confusos.

1.1. Definiciones

Selección

Su definición básica dice que, es la acción y efecto de elegir a uno o varios procesos o cosas entre otras, separándolas de ellas y prefiriéndolas, de acuerdo a sus características, escogiendo la mejor de todas las alternativas presentadas.

Uno de los puntos indispensables para garantizar el éxito de cualquier proyecto industrial, radica en una cuidadosa selección del proceso o la tecnología, donde al efectuarse la selección se debe estudiar las distintas alternativas, escogiendo la que reúna todas las imprescindibles y la mayor parte de características deseadas, para cumplir los requerimientos del proceso.



Evaluación

Es estimar la magnitud o la calidad de un hecho, proceso o producto, por lo que en ese contexto la evaluación, implica el análisis y determinación de criterios, parámetros, aspectos y subaspectos, usando parámetros de referencia, variables o constantes, para obtener indicadores y valores que puedan ser usados en la selección de proceso. Cabe destacar que la evaluación está referenciada a un marco conceptual.

En su concepción básica, la evaluación “mide la rentabilidad de un determinado proyecto, para así tomar la decisión sobre la conveniencia de ejecutarlo. Normalmente el proyecto no se evalúa en forma aislada, ya que su análisis tiene que basarse en una comparación con respecto a la utilidad que el capital podría generar al ser invertido en un uso alternativo”.¹

Otra aplicación de la evaluación es la de comparar u ordenar diferentes proyectos de inversión en función de su rentabilidad. Se puede tener por ejemplo un grupo de proyectos los cuales han mostrado ser rentables, en estas situaciones, la evaluación nos ayudaría a seleccionar aquellos proyectos que se pueden ejecutar dentro de los límites de capital que ésta disponible.

Como es de suponerse, la evaluación es un aspecto que debe ser considerado para, la selección procesos, en la industria química.

Otra definición nos dice que evaluación es el “proceso orientado a la toma de decisiones y a la acción y gestión, que busca determinar la pertinencia, eficiencia, efectividad, impacto y sustentabilidad del uso de recursos, actividades y resultados en función de objetivos

¹ Silvere Seurat, *Technology Transfer: A realistic approach*. Gulf publishing company, Texas, USA, 1979.



preestablecidos o criterios definidos.”² Actualmente los métodos multicriterios de evaluación se utilizan en problemáticas muy variadas, dependiendo lo que se desea obtener.

1.1.1. Tecnología

El factor tecnología tiene implicaciones de gran importancia ya que su repercusión puede sobrepasar al área financiera, donde incide por su costo asociado, de tal manera a continuación se transcriben algunas definiciones.

Una definición de tecnología en el ámbito económico es “todo aquel conocimiento relacionado a la actividad económica”³. Otra definición que encontramos, señala que es una colección de procesos físicos que transforman insumos en productos, junto con los acuerdos sociales; es decir, las formas de organización, métodos y procedimiento que estructuran las actividades involucradas en la realización de dichas transformaciones⁴. Lo que estas dos definiciones tienen en común es que la tecnología es más que una colección de planos, maquinarias y equipos.

Otra definición también muy utilizada nos dice que con frecuencia es el conocimiento científico, pero también conocimiento organizado son otra forma y es aplicado sistemáticamente a la producción, distribución de bienes y servicios, incluidos aquellos incorporados en los medios de trabajo, la mano de obra, los procesos, los productos y a la organización (tecnología incorporada *-embodied-* y desincorporada *-desimbodied-*). La tecnología es impulsada por la necesidad (*need-driven*), para la satisfacción de la necesidad,

² Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Programa para el curso: trabajo de investigación I*, 2ª. ed., Facultad de Química, U. N. A. M., México, 2001, p 28.

³ F. Stewart, “Transferencia de tecnología internacional: soluciones y opciones políticas” *World bank staff working*, 334, (1979).

⁴ C. J Dahlman y Larry Westphal, “El significado del dominio tecnológico con relaciona a la transferencia de tecnología”, *Annals of the american academy of political and social science*, 458, (1981).



la economía y los negocios. Existe una práctica de privatización y acceso restringido al conocimiento sistemático de las artes prácticas industriales; consisten en una serie de técnicas.

La tecnología incluye técnicas empíricas, procedimientos y experiencias que en muchos casos no están basadas en la ciencia. La tecnología refleja y es determinada tanto por las relaciones técnicas de la producción como por las relaciones sociales de producción (no es neutra), dentro de una formación social determinada; constituye una respuesta concreta a las condiciones económicas sociales específicas.

En los años recientes mucho se ha discutido sobre tecnologías: tradicionales y modernas; endógenas y exógenas; blancas y duras, medulares y periféricas, libres y secretas; obsoletas y de punta; incorporadas y desincorporadas (*know-how*); *hardware* (sistemas físicos) *software* (sistemas lógicos) y *orware* (sistemas organizativos); de bajo costo, alternativas intermedias, o apropiadas; intensivas (o ahorradoras) en capital o en mano de obra o intensivas en conocimiento; ahorradoras de energía; ambientales, limpias o ecotecnológicas, etc.⁵ Una definición más generalizada y es la que se usará en el presente trabajo, nos dice “es el conjunto organizado de conocimientos aplicados para alcanzar un objetivo específico, generalmente el de producir y distribuir un bien o servicio”.⁶

Tecnología apropiada

Es una tecnología que está de acuerdo con la serie de condiciones y requerimientos del medio ambiente donde será utilizada.

⁵ Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Programa para el curso trabajo de investigación I*, 2ª ed., Facultad de Química, U. N. A. M., México, 2001, p. 39.

⁶ José Giral B., *Manual para desarrollo, transferencia y adaptación de tecnología química apropiada*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1974, p. 4.



Los términos tecnología apropiada, tecnología adecuada y tecnología conveniente pueden, en nuestra opinión, utilizarse indistintamente. El término tecnología óptima, por otra parte, representa un refinamiento con respecto a los otros, implicando que la tecnología ha sido seleccionada de acuerdo con un criterio matemático y existe (al menos estadísticamente hablando), de que tal tecnología representa, entre el grupo de opciones estudiadas, la óptima para alcanzar los objetivos alcanzados.

Otra de definición dice que es la tecnología, procesos, productos y servicios cuya naturaleza corresponde al medio ambiente, al entorno sociocultural y a las necesidades de amplios sectores de la población.⁷

Tecnología intermedia

Este término se utiliza en la mayoría de los sectores rurales del mundo subdesarrollado y la tecnología moderna desarrollada en los países industrializados y en uso también en las áreas urbanas y en algunos sectores rurales de alto nivel de economías subdesarrolladas.

En teoría, la tecnología intermedia es necesaria como una etapa de transición, si se quiere realmente fomentar el desarrollo en las áreas descritas arriba; de otra manera el salto de tecnología tradicional a la moderna es tan grande que muchas sociedades no pueden utilizarla.

Tecnología de bajo capital

Este término es usado para designar el cuerpo de conocimientos que permiten a un grupo de personas, mejorar su productividad y/o bienestar mediante una tecnología que puede aplicar

⁷ Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Programa para...*, p. 39.



rápidamente sin que sea obstáculo la carencia de capital o de recursos más especializados. Es importante resaltar la distinción hecha entre el incremento de la productividad y el incremento de bienestar, dado que uno no necesariamente sigue al otro.

Tecnología limpia

El término de tecnología limpia implica aquella que contamina pero sin producir cambios en el medio ambiente y que utiliza los recursos naturales renovables y no renovables en forma racional.

Tecnología socialmente conveniente

Es una tecnología que socialmente es deseable porque ayuda a redistribuir el ingreso, descongestionar áreas urbanas y sobre todo a mantener la personalidad del hombre individual.

Tecnología dura

Es un término (*hard technology*) que se utiliza para distinguir la parte de los conocimientos que se refieren al equipo, instalaciones, procesos, materiales y operaciones de los conocimientos de equipo organizacional, administrativo y comercial que se conocen con el nombre de tecnología blanda (*soft technology*).

Tecnología creada

Bajo este término está lo que clásicamente se entiende como investigación y desarrollo tecnológico; típicamente se inicia por la demostración experimental de una técnica factible, aunque en sus primeras etapas no se ponga atención ni a los principios científicos ni a su eventual implementación industrial. De esta demostración, puede la investigación derivarse



hacia los principios básicos científicos o hacia la implementación de una tecnología aplicable industrialmente.

Tecnología adaptada

Lo que frecuentemente sucede cuando se compra tecnología es que en realidad se está comprando algo que es parcialmente la respuesta al problema tecnológico planteado y que requiere esfuerzos más o menos considerables de adaptación a nuestro medio y condiciones. Con esto se requiere decir que frecuentemente la tecnología se acerca a resolver el problema tecnológico planteado y que es conveniente hacer unos cambios.

Tecnología integrada

En muchos casos sucede que la tecnología que el país necesita simplemente no existe, pero si existen en diversas partes en forma de elementos desmembrados y cuya integración selectiva sería altamente benéfica y generaría propiamente una tecnología integrada.

Terotecnología

Es un término que está empezando a ser utilizado y en su sentido más amplio se emplea para considerar la tecnología como todo un sistema en el cual el desarrollo de las partes en forma aislada tiene poca relevancia frente al efecto sinérgico de considerarlas todas unidas. Otro término que también está asociado a la idea de observar los efectos tecnológicos desde una perspectiva panorámica de varias disciplinas (mercadotecnia, sociología, energía, etc.) es el de tecnología compartida.

Administración de tecnología

La correlación que existe entre capacidad tecnológica y estructura organizacional está dada por la asimilación del concepto de administración de tecnología (technology management).



Este término implica el saber que hacer uso de metodología para dimensionar los problemas tecnológicos de la empresa.

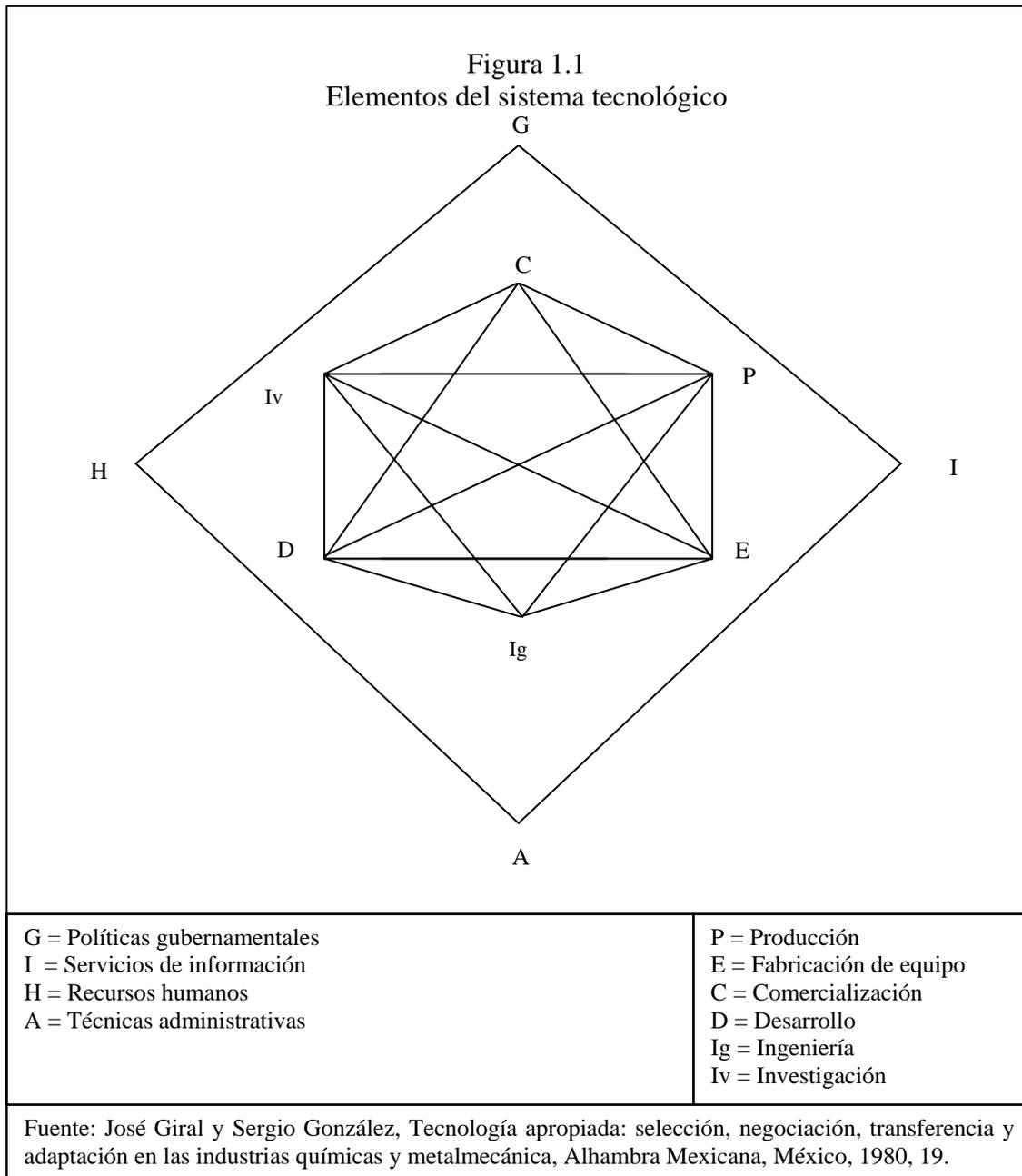
Capacidad tecnológica

- Políticas gubernamentales. Establecen los objetivos y estrategias a nivel nacional en todos los órdenes.
- Recursos humanos. Su eficiente preparación en el sentido deseado se reflejará en los otros seis elementos tecnológicos.
- Técnicas administrativas. Uno de los más graves problemas de los sistemas tecnológicos es la pobreza de organización y coordinación de esfuerzos.
- Servicios de información. Hoy en día no se puede pensar en un sistema tecnológico sin el soporte de información precisa y actualizada.
- Por la extensión del tema los comentarios que se hacen sobre los elementos son sólo de tipo indicativo; en la bibliografía se puede encontrar una descripción detallada de capacidad tecnológica.
- Investigación. La mayor parte de la investigación que se hace en el mundo está, condicionada a la posibilidad de aplicar los conocimientos a una estructura económico- social, sobre todo la investigación tecnológica.
- Desarrollo. La idea de que toda innovación tiene su origen en la investigación básica, es falsa; multitud de innovaciones se llevan a cabo en los más diversos medios utilizando conocimientos existentes, sean científicos o empíricos.
- Ingeniería. La ingeniería es la utilización estructurada y ordenada por disciplinas de los conocimientos que conducen a producir bienes y servicios.
- Fabricación de equipo. La capacidad de producir el equipo industrial que la sociedad demanda corre paralela a su capacidad de asimilar tecnología.
- Producción. Por sus consecuencias inmediatas y su valor es el elemento del sistema tecnológico de mayor importancia económica y social.
- Comercialización. Las más brillantes ideas sobre tecnologías y productos se pierden si no se cuenta con canales adecuados de promoción y distribución.

Todos estos elementos están interrelacionados y la medida de la capacidad tecnológica de un país está dada por el efecto sinérgico de todos ellos. Los elementos del sistema



tecnológico se encuentran esquemáticamente representados en un hexágono contenido en un rectángulo, lo anterior se presenta en la figura 1.1.



Típicamente, los países en vías de desarrollo que empiezan a invertir recursos en su infraestructura tecnológica desperdician muchos recursos por falta de coordinación entre



ellos. De aquí la importancia de enfatizar el enfoque terotecnológico que permita "orquestrar" mejor los recursos de que se va disponiendo y de reforzar los canales de comunicación entre los distintos elementos.

Caracterización de tecnología

En el campo de la tecnología no se pueden resolver los problemas de forma efectiva con soluciones de tipo general. Los componentes o dimensiones que definen cada necesidad tecnológica son muchos y todos ellos interrelacionados; cada problema tecnológico tiene sus propias características y requiere de soluciones específicas.

Las dimensiones en que se analizan las características tecnológicas de cada actividad industrial son al menos tres y de su enfoque interrelacionado surge la mejor alternativa para desarrollar o negociar y transferir tecnología. Estas dimensiones se refieren a los aspectos de misión comercial, dificultad de asimilación tecnológica y tipo de tecnología.

- Misión comercial

Dado que la mayoría de los proyectos se originan por una demanda de mercado la tecnología a emplear queda determinada por el mercado a satisfacer que pueda ser:

- ❖ De exportación. Cuando la justificación del proyecto está en las ventas al exterior y la mayor parte de la producción estará orientada a satisfacer ese mercado, la tecnología deberá proporcionar inflexiblemente productos competitivos en costo y especificaciones.
- ❖ Orientado al mercado local. Cuando el proyecto se justifica en la sustitución de importaciones, generación de fuentes de trabajo o como primer paso en un programa de integración o crecimiento, la tecnología puede ser manejada con mucha más flexibilidad, porque se permiten cambios en especificaciones según sea el uso



concreto del producto o bien se aplican mecanismos de protección para favorecer la inversión en plantas cuya capacidad nunca será competitiva.

- ❖ Orientados al mercado latente. La mayoría de los países desarrollados tienen grandes grupos de población de limitados recursos que no tienen acceso a productos diseñados para mejorar sus condiciones de vida. El descuido que se ha tenido hacia este mercado lo detectamos en ciertas aberraciones de compra como cuando vemos por ejemplo televisores a color en chozas de cartón.
- Dificultad de asimilación

Esta dimensión está relacionada con la capacidad tecnológica, que da una medida del nivel de autodeterminación tecnológica. Aún cuando la gama de las dificultades para asimilar tecnología es continua, se pueden detectar tres niveles generales con requerimientos muy diferentes:

- Tecnología sofisticada. Es aquella para cuya asimilación se requieren grupos de técnicos especialistas sólo puede ser manejada y desarrollada por grandes organizaciones.
- Tecnología intermedia. Es la que está al alcance de cualquier persona con conocimientos técnicos; su asimilación puede ser a nivel individual o colectivo.
- Tecnología elemental. Es la que tiene un elevado contenido administrativo y más que conocimientos se requiere organización para implantarla.

1.1.2. Tipos de tecnología

En esta dimensión se clasifica a la tecnología en cuatro tipos según donde se encuentre localizada la tecnología predominante, lo que da o puede dar una posición competitiva más fuerte.

En la tabla 1.1, muestra algunos ejemplos de estos cuatro tipos de tecnología y sus características principales en cuanto a desarrollo, protección, transferencia y adaptabilidad de la tecnología. Estos cuatro tipos de tecnología son:



- Tecnología de equipo. La tecnología para operar la planta está implícita en la compra del equipo. Los productores y proveedores de materias primas proporcionan información tecnológica adicional.
- Tecnología de producto. La clave de la tecnología está en la composición química, la configuración, diseño mecánico del producto y no en el proceso de manufactura.
- Tecnología de proceso. Cuando se conocen bien el equipo y el producto pero el valor de la tecnología está en los detalles del proceso de manufactura como temperaturas, aleaciones, tiempos de residencia, secuencia de maquinado, etc.
- Tecnología de operación. Estas tecnologías son las más tradicionales y presentan una mezcla de las otras tres con una fuerte incidencia del elemento experiencia.

Secuencia de desarrollo tecnológico

No todos los desarrollos tecnológicos tienen su origen en el circuito que se indica con búsqueda de oportunidades, experimentación, diseño, etc. Múltiples desarrollos se generan por las necesidades y oportunidades detectadas por los más diversos medios.

La secuencia que a continuación se describe representa los pasos ortodoxos suelen seguirse en el desarrollo de tecnología química apropiada.

El concepto de desarrollo de tecnología apropiada incluye tanto los conceptos relativos al desarrollo en sí de una tecnología como los que tienen que ver con su adecuada implementación. Esta definición híbrida normalmente usada en países en desarrollo, se debe al interés de acelerar todo el proceso y hacerlo a la vez en la más selectiva posible, con el objeto de hacer el mejor uso de los recursos disponibles.

Tabla 1.1
Características de los cuatro tipos de tecnologías

Tipos de tecnología	Ejemplos de grupos industriales	Desarrollo de la tecnología original	Protección y/o disponibilidad de la tecnología	Mecanismos de transferencia de tecnología	Adaptabilidad
Tecnología de equipo	Conversión de plásticos Textil Fabricación de formas farmacéuticas Empaques y alimentos Películas Troquelado	Por el fabricante del equipo y el proveedor de materia prima	Disponible con la compra del equipo y/o la materia prima, usualmente con pago implícito de la compra global	Instructivo del uso de equipo	Uso directo del equipo Simplificación de controles Sustitución de operaciones automáticas por manuales Especificaciones mínimas adecuadas Diseño de nuevos productos idóneos para México
Tecnología de producto	Agroquímicos Colorantes y pigmentos Ingredientes farmacéuticos Auxiliares hule y textil Sales inorgánicas Metal-mecánica	Por el fabricante del producto	Patentes. Marcas registradas. Poco licenciamiento. (Algo de <i>franchising</i>)	Condiciones de uso de las materias primas. Parámetros fisicoquímicos Cinética de la reacción Manual de proceso	Procesos <i>batch</i> , con varias fases y cambios de fase Presiones y temperaturas moderadas Adaptación de la reacción para simplificar separación Racionalización de procesos alternos patentados para llegar productos análogos
Tecnología de proceso	Petroquímica Polímeros (hule, plásticos, películas, fibras) Fertilizantes	Por firmas de ingeniería (y de los fabricantes)	Mucho licenciamiento. Flexibilidad en el nivel de importancia de saber que negociar	Manual del proceso Manual de la planta Diseño de equipo Cálculos Manual de operación	Procesos continuos Presiones y temperaturas elevadas Nivel alto de optimización Separación del costo de inversión y operación.
Tecnología de operación	Minería y metalurgia Ácidos inorgánicos Electroquímica Jabones y detergentes	Evolución en período largo	Fundamentalmente <i>know-how</i>	Manual de la planta Diseño del equipo Manual de operación Trucos de operación	Procesos y equipos muy estudiados Relativamente más fáciles que el grupo III Disponibilidad de materias primas

Fuente: José Giral y Sergio González, *Tecnología apropiada: selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias químicas y metalmeccánica*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980, 21.

Por eso, incluye:

Detección de oportunidades

Bajo este concepto no sólo se considera la satisfacción de necesidades existentes (sustitución de importaciones, capitalización de materias primas y recursos nacionales) sino la detección de oportunidades potenciales (oportunidad de exportación, pronósticos tecnológicos, satisfacción de necesidades sociales latentes, etc.) y el diseño de productos y/o servicios apropiados para nuestras necesidades.

Selección de productos plausibles

Es el estudio de los criterios que deberán aplicarse para seleccionar productos de interés nacional. Se usa el término “plausible” a diferencia de “factible”, para destacar que desde un punto de vista socioeconómico sería deseable (digno de aplauso) para el país el tener estos productos desarrollados nivel nacional. Un término que se usa con el de selección de productos plausibles "diferencias básicas", que define el conjunto de características del área del país en desarrollo en donde se va a implantar la tecnología en cuestión y que son diferentes a las de otros países, donde ya se ha experimentado esa tecnología. El estudio cuidadoso de las “diferencias básicas” permite, durante el desarrollo de la tecnología apropiada maximizar las diferencias que son positivas y minimizar aquellas que son negativas para el éxito del proyecto.

Selección, negociación y transferencia de la tecnología de base

Van juntas porque se entrelazan y rara vez se suelen hacer en un sólo paso. Se emplea el término "tecnología de base" para destacar el hecho de que no es necesario transferir toda la tecnología sino únicamente aquellos elementos básicos que son indispensables para ello y atendiendo a las diferencias básicas, desarrollen una tecnología apropiada a esas diferencias.

Diseño del proceso y diseño de la planta

Cuando se habla de desarrollar tecnología apropiada para un país en desarrollo, donde normalmente no se hace mucha investigación fundamental y que suele comprar la tecnología de base, suelen saltarse, algunos pasos del diseño del proceso y aun de la planta, según el paquete de tecnología. No debe subestimarse, sin embargo, es importante seguir uno a uno estos pasos y familiarizarse con la información sobre cada uno de ellos, ya que de lo contrario se pueden perder muchas oportunidades.

El diseño del proceso es una etapa que incluye la investigación en laboratorio y planta piloto, complementados por una abundante investigación bibliográfica.



El resultado final que se busca es un conocimiento preciso de las interrelaciones de rendimiento y velocidad de reacción con las variables físico-químicas clave (presión temperatura, concentraciones, etc.) que permitan escoger el conjunto de condiciones más adecuado para nuestro caso y preparar un diagrama de flujo, un balance materiales y un balance de energía (que son los elementos básicos para el diseño de proceso), complementados por información sobre corrosión, contaminación, seguridad, materiales de construcción, equipos, herramientas, etc.

Módulos básicos

La tarea de seleccionar, transferir, adaptar y desarrollar tecnologías químicas a nuestro medio tropieza con la falta de metodología adecuada.

Los módulos básicos constituyen un método de análisis en el diseño de procesos a un nivel más elevado de abstracción que el de operaciones unitarias y que permiten apreciar un número mayor de opciones de cómo llevar a cabo un paso en un proceso al mismo tiempo que lleva a una mejor ubicación del proyecto en las necesidades y recursos del país.

A varios niveles de apertura del paquete tecnológico se puede aprovechar mucha de la información existente evitando duplicaciones innecesarias y aplicarlas a satisfacer nuestros objetivos; para ello necesitamos utilizar una metodología dirigida a los recursos y limitaciones de este problema en particular y no necesariamente copiar la metodología que se esté usando en países industrializados, sino únicamente las partes de esa metodología que sean aplicables a nuestro caso.

Las cinco etapas alrededor de las cuales se ha desarrollado la metodología de módulos básicos son:



1. Especificaciones mínimas adecuadas del producto
2. Estudio de las materias primas disponibles
3. Estudio de las alternativas para la transformación química (reacción) o física (operación mecánica, etc.)
4. Estudio de las necesidades de separación y purificación y/o acabado del producto
5. Estudio de los sistemas auxiliares

Es importante aclarar que la teoría de módulos básicos tan sólo proporciona un punto de partida para el diseño de una instalación industrial, dejando abiertas las puertas de la imaginación para explotar las opciones más adecuadas al país y a la región donde se pueda ubicar cualquier planta.

Bases de licitación

Consisten en las especificaciones escritas de lo que el usuario espera obtener como resultado del desempeño de los procesos que han de ser evaluados y sirven como la base que disponen los tecnólogos para hacer sus propuestas. Entre la información que debe incluirse en las bases de concurso o licitación se puede citar: programa de ejecución del proyecto, capacidad de procesamiento, factor de servicio, especificaciones de productos y materias primas, servicios auxiliares disponibles (si los hay), condiciones climatológicas, situación geográfica, limitaciones de espacio, limitaciones de inversión, etc., todo ello dentro de un formato tipo cuestionario, incluido en la sistematización del proceso de evaluación tecnológica. Este documento tiene una importancia fundamental para el buen desarrollo de la evaluación, ya que conforma propiamente la especificación del “producto deseado” y debe elaborarse conjuntamente por el usuario y el evaluador-seleccionador.



1.2. Proyecto

1.2.1. El concepto de proyecto

Dentro del enfoque de los economistas el proyecto se define como: el plan prospectivo de una unidad de acción capaz de materializar algunos aspectos del desarrollo económico y social, proponiendo la producción de algún bien o servicio y empleando cierta tecnología para obtener alguna ventaja económica y social; además, supone la indicación de los medios necesarios para su realización y la adecuación de esos medios a los resultados que se persiguen.⁸

Una definición más integral de proyecto es la que establece que son: un conjunto de actividades interdependientes e interrelacionadas que utilizan recursos humanos, materiales, financieros y naturales, sobre los cuales se imponen ciertas limitaciones o restricciones y cuyo propósito final es satisfacer las necesidades humanas.⁹

Como se puede observar las definiciones presentadas anteriormente difieren en su enfoque, la primera concibe al proyecto como un plan prospectivo, es decir actividades por realizar y la segunda asume que ya está en operación (lo que implicaría que la planta ya está funcionando). Por lo tanto, en este trabajo se utilizará la primera definición, toda vez que permite ser descrita en forma simple como el conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas (tecnológicas, económicas, sociales, etc.) que se derivan de asignar ciertos recursos para la producción de determinados bienes o servicios.

⁸ Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, *Guía para la presentación de proyectos*. Siglo XXI editores, México, 1985.

⁹ Juan Luís Posse Fragoso, *Administración de proyectos*. Instituto de Administración Pública del Estado de México, U. A. E. M., México, 2000.



1.2.2. Clasificación de Proyectos

La clasificación de los proyectos de acuerdo a su enfoque de estudio se presenta en la tabla 1.2. Tomando como base esta tabla se puede establecer como ejemplo, que los proyectos de inversión de plantas de refinación corresponden a proyectos del tipo industrial (transformación) y que de acuerdo a la magnitud de la inversión éstos pueden ser del tipo micro o macroproyectos; otro ejemplo es el del proyecto de inversión en una planta de ácido láctico, que de acuerdo con la tabla corresponde a proyectos de tipo industrial, dinámico y con una magnitud en la inversión que puede ser al igual que el anterior micro o macro proyecto y que será presentado en el capítulo cuatro.

Tabla 1.2
Clasificación de proyectos

Enfoque	Tipo de proyecto
1.-Economía	<p><i>Agropecuarios</i>.- Abarcan la producción animal, vegetal, pesquera y forestal.</p> <p><i>Industriales</i>.- Comprenden la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procedimiento extractivo de productos de pesca, agricultura y de la actividad pecuaria.</p> <p><i>Infraestructura económica</i>.- Incluye los proyectos que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios de utilidad general, tales como: energía eléctrica, transporte, comunicación, etc.</p> <p><i>Servicios</i>.- Su fin es prestar servicios de carácter personal, material o técnico mediante el servicio profesional o a través de instituciones.</p>
2.- Ingeniería	<p><i>Estáticos</i>.- Son los que tienen un comienzo y un fin definidos.</p> <p><i>Dinámicos</i>.- Se caracterizan por la existencia de un ciclo continuo de producción no se puede determinar cuándo terminará de operar el proyecto.</p>
3.-Administración	<p><i>Microproyectos</i>.- Son un conjunto de actividades que tienden a racionalizar la asignación de recursos escasos dentro de una institución, para satisfacer su necesidades básicas que pueden ser individuales o colectivas,</p> <p><i>Macroproyectos</i>.- Son los que se realizan intersectorialmente, en donde por lo regular intervienen dos o más instituciones y cuyo objetivo es la satisfacción de alguna necesidad colectiva a través de la producción de bienes o de la prestación de servicios.</p>
<p>Fuente: Juan Luís Posse Fragoso, <i>Administración de proyectos</i>. Instituto de Administración Pública del Estado de México, U. A. E. M., México, 2000.</p>	

La clasificación mostrada en la tabla 1.2, es de bastante utilidad ya puede permite ubicar a los proyectos; sin embargo, ésta no incluye al concepto de “proyecto de inversión”. Por lo que en este trabajo asociaremos al proyecto de inversión con “una oportunidad de inversión que



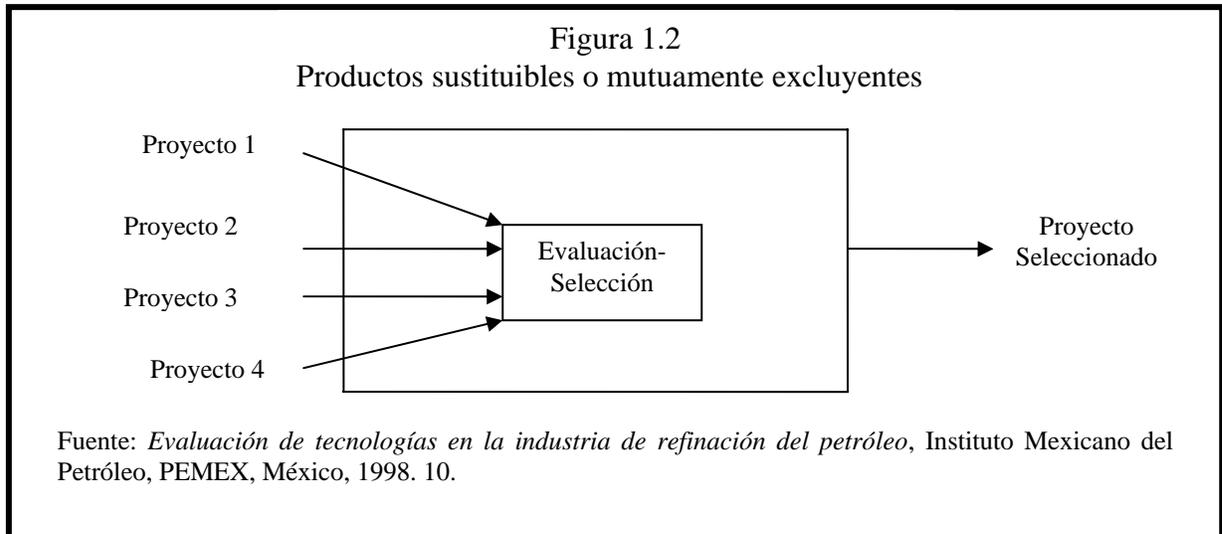
requiere de recursos de capital y ofrece la perspectiva de obtener un rendimiento para el mismo período.¹⁰ (Mayor de un año).

1.2.3. Relaciones entre los proyectos

Si se desea aplicar una metodología para seleccionar proyectos, independientemente de su naturaleza, es necesario reconocer la relación que puede existir entre los proyectos. De acuerdo a este concepto, los proyectos pueden ser:

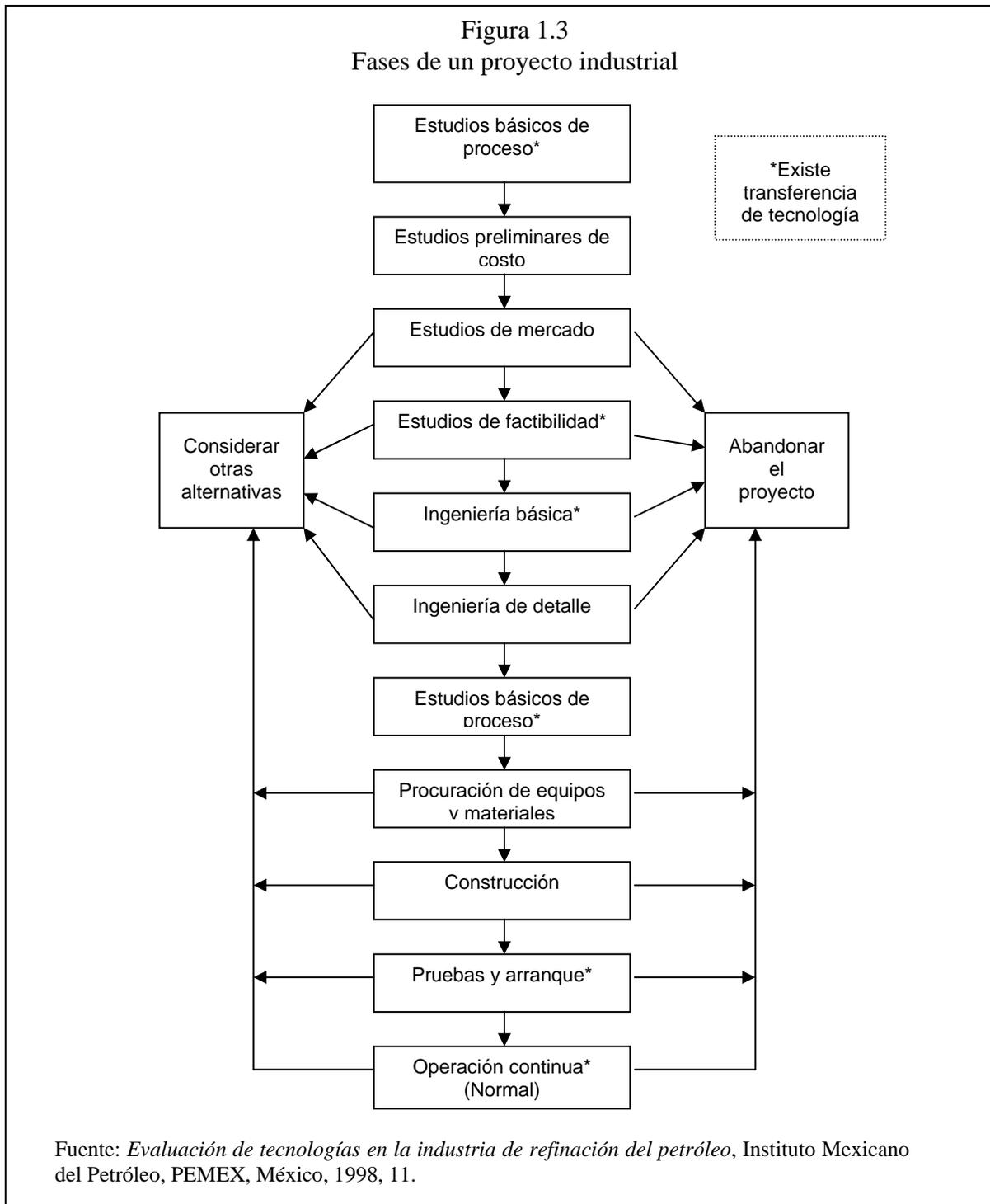
- Proyectos independientes
 - Proyectos complementarios
 - Proyectos sustitutos
 - Proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes
- (a) *Proyectos independientes*. Los proyectos A y B son independientes en la medida que la realización de uno no impida ejecutar el otro y que los beneficios netos de cada uno no se afecten por la realización del otro.
- (b) *Proyectos complementarios*. Los proyectos A y B son complementarios si los beneficios netos de realizar ambos superan la suma de los beneficios netos de A (realizado sin B) y los de B (sin A).
- (c) *Proyectos sustitutos*. El proyecto A es sustituto de B si su realización reduce la posibilidad de ejecutar B o si disminuye los beneficios de realizar B.
- (d) *Proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes*. Este es el caso extremo de proyectos sustitutos y se presenta si la realización de uno elimina la posibilidad de ejecutar el otro o si elimina los beneficios del otro. Dos proyectos pueden ser excluyentes por tres motivos:
- (1) Porque cada uno por su cuenta agota el presupuesto disponible para la inversión y por lo tanto, si se realiza uno, no habrá dinero para realizar el otro.
 - (2) Podrán ser excluyentes debido al hecho de que cada uno utiliza un insumo de oferta fija y si se ejecuta un proyecto no habrá el insumo necesario para producir el segundo.
 - (3) El carácter excluyente podría atribuirse a que los dos proyectos atienden a la misma necesidad y por tanto, representan soluciones alternativas a la misma necesidad. En la figura 1.2, se presenta esquemáticamente este concepto.

¹⁰ Steven E. Bolten, *Administración financiera*, Limusa, México, 1981.



En este sentido el proyecto de inversión del caso práctico que trataremos en el capítulo cuatro corresponde a un proyecto perfectamente sustituible o mutuamente excluyente, ya que para el mismo fin se tienen un grupo de alternativas (en este caso tecnológicas). Para desarrollar un proyecto de esta índole es necesario un planteamiento inicial que proponga exactamente cuáles son los objetivos, el producto final deseado y los recursos disponibles. Una vez establecidos estos parámetros pueden identificarse en la ejecución del proyecto las siguientes fases:

- Estudios básicos de proceso.
- Estudios preliminares de costo
- Estudios de mercado
- Estudios de factibilidad
- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Procuración de equipo y materiales
- Construcción
- Pruebas y arranque
- Operación continua (normal)



En la figura 1.3, se muestran esquemáticamente estas fases y en ella se puede observar que en casi en todas ellas es posible ya sea continuar con el proyecto, considerar otras alternativas o abandonar el proyecto. Las líneas continuas laterales indican mayor probabilidad que las



líneas punteadas en relación a no continuar con el proyecto. Los bloques con un asterisco indican las fases donde existe transferencia de tecnología.

1.3. Paquete tecnológico

Es el conjunto de conocimientos empíricos o científicos, nuevos o copiados, de acceso libre o restringido, jurídicos, comerciales o técnicos, necesarios para producir un bien o servicio. Hay que destacar que este concepto es más amplio que el de “tecnología”, por lo que es importante establecer que documentos conforman este paquete. Un paquete tecnológico completo es equivalente a un proyecto “llave en mano” y está formado por la siguiente información y servicios.

- Paquete de ingeniería básica
- Paquete de ingeniería de detalle
- Servicios de revisión de ingeniería de detalle
- Servicios de asistencia en arranque y pruebas de garantía
- Servicios de capacitación
- Servicios de procuración de equipo y materiales
- Servicios de expedición
- Servicios de inspección
- Construcción

1.3.1. Diseño de la planta

Una vez diseñado el proceso y conocida la capacidad deseada y la localización de la planta se puede proceder a diseñar ésta.

La ingeniería básica empieza una vez que ha quedado definida la tecnología a emplear con sus principales variables, materias primas, especificaciones deseadas del producto y en general conceptos que han dado por llamarse ingeniería conceptual o tecnología de base.



La *ingeniería básica* consiste en la fijación de todas las variables del proceso, adaptaciones del proceso o de equipos, arreglos generales, balances térmicos, dimensionamiento y selección de equipos. La ingeniería básica conduce a elaborar el documento llamado manual de diseño de la planta, que incluye el cálculo de días y horas de operación, tamaños y configuraciones de equipo, servicios necesarios, materiales de construcción, arreglo y disposición del equipo, etc.

La *Ingeniería de detalle*. Es la parte que incluye el diseño de cada pieza de equipo y de sus servicios auxiliares y abarca desde el diseño civil y mecánico de la instalación del equipo hasta los diagramas de tubería, instrumentación, eléctrico, etc.

1.3.2. Paquete de ingeniería básica

Lo que normalmente se busca en la transferencia de tecnologías de un proceso es el paquete de ingeniería básica, que consiste en un conjunto de documentos (diagramas, datos, tablas, etc.), que permiten el posterior desarrollo de la ingeniería de detalle. La información contenida en estos documentos permite la visualización general de la planta cuestión, así como una información muy general de los equipos.

Aunque todos los tecnólogos (firmas de ingeniería) están de acuerdo en la distinción conceptual entre ingeniería básica e ingeniería de detalle, cada uno de ellos establece normalmente un alcance diferente para el paquete de ingeniería básica. Por lo que es importante, cuando se están evaluando diferentes tecnológicas, establecer con claridad el alcance de los servicios requeridos. Como referencia a continuación se presenta una lista de los documentos que normalmente forman parte del paquete de ingeniería básica.



- (1) Bases de diseño
- (2) Descripción del proceso
- (3) Lista de equipo
- (4) Balance de materia y energía
- (5) Información complementaria (datos de proceso para diseño de tubería e instrumentos)
- (6) Requerimientos de agentes químicos, servicios auxiliares y especificación de efluentes
- (7) Diagramas de flujo de proceso
- (8) Hojas de datos de equipo de proceso
- (9) Diagramas de tubería e instrumentación de proceso
- (10) Lista de líneas de proceso
- (11) Plano preliminar de localización general del equipo
- (12) Especificaciones de tuberías
- (13) Índice de instrumentos
- (14) Diagramas funcionales de instrumentación
- (15) Hojas de datos para instrumentos
- (16) Hojas de especificación de instrumentos
- (17) Hojas de datos de válvulas de seguridad
- (18) Hojas de datos de válvulas de control
- (19) Circuitos lógicos de control
- (20) Diagramas lógicos de control
- (21) Especificación del sistema de control y requerimientos para el cuarto de control satélite
- (22) Lista de equipo de seguridad
- (23) Consideraciones de seguridad
- (24) Filosofías básicas de operación
- (25) Manual de operación
- (26) Planos de notas generales, leyendas y símbolos
- (27) Especificaciones generales y prácticas de ingeniería

1.3.3. Paquete de ingeniería de detalle

Es una etapa del proyecto en donde se desarrollan los planos e información que sirven para definir cómo se construye la planta, así como las instalaciones auxiliares requeridas, con lo que se logra un conocimiento amplio del funcionamiento de la planta. Dicha documentación puede ser agrupada dentro de las siguientes especialidades:

- (1) Ingeniería de sistemas
- (2) Ingeniería de control
- (3) Ingeniería de diseño de cambiadores de calor
- (4) Ingeniería de diseño de hornos
- (5) Ingeniería de diseño mecánico de equipo dinámico
- (6) Ingeniería de diseño eléctrico



- (7) Ingeniería de tuberías
- (8) Ingeniería de diseño mecánico de recipientes
- (9) Ingeniería de diseño de análisis de esfuerzos
- (10) Diseño arquitectónico
- (11) Ingeniería de diseño civil

1.4. Servicios de soporte técnico

En la ejecución de un proyecto industrial, además de la ingeniería básica y de detalle, se requiere de una serie de servicios técnicos para garantizar el buen funcionamiento de la planta futura. Estos servicios se muestran en la tabla 1.3, en donde además se indica la entidad que normalmente proporciona estos servicios.

Servicio	Ejecutante
1.-Revisión de ingeniería de detalle	Tecnólogo (Licenciador de la ingeniería básica)
2.-Asistencia en arranque y pruebas de garantía	Tecnólogo
3.-Capacitación	Tecnólogo y/o contratista
4.-Procuración de equipos y materiales	Ejecutor de la ingeniería de detalle y/o contratista
5.-Expedición	Ejecutor de la ingeniería de detalle y/o contratista
6.-Inspección	Ejecutor de la ingeniería de detalle y/o contratista

Fuente: *Evaluación de tecnologías en la industria del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 18.

1.5. Transferencia de tecnología

Nadie desarrolla una tecnología desde cero. Más del 90% de los conocimientos involucrados en cualquier innovación tecnológica ya se habían desarrollado y es simplemente incorporado a esa tecnología. Esta incorporación empieza, en un extremo, en forma prácticamente gratuita con la investigación bibliográfica y en el otro extremo, negociando y transfiriendo de manera formal tecnología de que se trate, si su valor así lo amerita.



Otro concepto considera que “es el proceso de transmisión de tecnología (conocimiento técnico) y su absorción, adaptación, difusión y reproducción de un aparato productivo distinto al que se ha generado”¹¹. Es de notarse que el principal problema de la transferencia de tecnología, es el hecho de que generalmente ocurre pocas veces en países subdesarrollados como el nuestro, en comparación con el proceso de comercialización o importación de tecnología (búsqueda, negociación y contratación de conocimientos técnicos y su utilización futura en la producción y distribución de un bien o servicio determinado.)

Una transferencia de tecnología es muchas veces un gran proyecto el cual aparenta complejidad. Sin embargo realmente corresponde a un gran número de simples operaciones secuenciales. La creación e implementación de estas operaciones puede ser comparada con la programación de albañiles en la construcción de una casa donde cada hombre trabaja independientemente en la construcción global.¹²

La transferencia de tecnología tiene lugar a través de: acuerdos de licencia de tecnología, importación de bienes de capital (y plantas llave en mano), inversión extranjera directa y contratos de asistencia técnica y servicios de consultoría. Proceso a través del cual el conocimiento tecnológico pasa de una fuente a un receptor. Para que exista transferencia real es preciso que el receptor tenga la capacidad de absorber, adaptar y mejorar la tecnología con cierto grado de autonomía. El proceso por el cual el sistema productivo recibe la tecnología desarrollada por otros y la incorpora a su acervo tecnológico incrementando a su vez su nivel.

¹¹ Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Programa ...*, p. 39.

¹² Silvere Seurat, *Technology Transfer: A realistic approach*. Gulf publishing company, Texas, USA, 1979.



La transferencia interna de tecnología es el proceso mediante el cual cierto tipo de conocimiento tecnológico, referidos a la ciencia, desarrollo, fabricación, producción, construcción, terminación y distribución de bienes o servicios, es transferido ó transmitido bajo forma de planos, prototipos, especificaciones, instrucciones, fórmulas, diseños, asistencia técnica, venta, licitación, donación, cesión, alquiler u otra variante, desde el organismo o laboratorio, dependencia del sector público o privado que la posea y de la cual es propietario, hacia el sector productivo público o privado, de manera que tal conocimiento tecnológico puede por vía de la producción ir más allá de la simple generación y difusión de conocimientos científicos y técnicos.

La transferencia internacional de tecnología se entiende como el proceso de importación/exportación de la tecnología necesaria para la fabricación de un nuevo producto ya fabricado, o bien para la implementación de nuevos procesos ó para el perfeccionamiento o mejoras de procesos en marcha. Este proceso toma por lo general formas comerciales, como contratos y convenios de licencias, regalías, usos de patentes, marcas y asesoramiento técnico, etc.

En el caso que nos ocupa, de desarrollo de tecnología en países como México, el punto sobre diseño de procesos se complementa sustancialmente con transferencia de tecnología (a veces completa) de país a país.

El concepto de transferencia de tecnología ha sido ampliamente estudiado debido a su relación con los conceptos de desarrollo tecnológico, independencia tecnológica, desarrollo económico y subdesarrollo. Debido a esta importancia y a las implicaciones políticas, económicas y



sociales para el receptor, es difícil encontrar una definición que incluya todos estos efectos. Por lo que se propone utilizar una definición sencilla, en la cual la transferencia de tecnología puede ser vista como un procedimiento por el cual los conocimientos para un proceso productivo pasan de una esfera de dominio a otra.¹³ Este procedimiento puede ser descrito como un proceso, el cual de acuerdo a la gestión de tecnología está formado por las siguientes etapas:

- (1) Detección de la necesidad de tecnología a partir de la estrategia tecnológica de la empresa
- (2) Definición del proyecto
- (3) Obtención y análisis de información técnica
- (4) Contacto inicial con oferentes y visitas
- (5) Diseño del programa de asimilación
- (6) Evaluación, negociación y decisión (contrato)
- (7) Adquisición de acuerdo al programa
- (8) Adaptaciones, arranque y operación
- (9) Asimilación

Dentro de la transferencia de tecnología hay tres funciones que ayudan al cliente a lograr competencia industrial y a entrenar a su personal para un buen desempeño. Estas son:

1. Creación de sistemas técnicos de entrenamiento
2. Inversión
3. Establecimiento de un plan para el progreso permanente

Sistemas de entrenamiento, para garantizar que el entrenamiento de la gente joven que corresponda a las necesidades económicas e industriales del país. Muy a menudo esta necesidad es descubierta muy tarde, lo que es desafortunado, porque los países en desarrollo no pueden permitirse desperdiciar talento. En este aspecto los países en desarrollo no tienen la altura de los países industrializados.

¹³ José Giral y Sergio González, *Tecnología apropiada: selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias químicas y metalmeccánica*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980.



Muchos países en desarrollo prefieren usar personal extranjero para la puesta en marcha de la plantas. Ellos piensan que entrenando su propia gente para hacer administradores y técnicos es el mejor acercamiento a largo plazo para asegurar el crecimiento nacional y alto empleo.

La compañía que desea mantener su actividad de negocios en un país en desarrollo debe apreciar las prioridades de crecimiento del país anfitrión en varios sectores económicos, además debe también saber la cantidad y el tipo de labor necesitada para alcanzar sus metas. Donde el siguiente paso, sea organizar e implementar sistemas de entrenamiento disponibles para ambos la cultura local y la demanda del proyecto en cuestión.

Inversión. El valor de una inversión debe ser sopesada en términos de los programas y la gente que le dará vida a esa inversión. Conforme la planta crece, equipos de operación deben ser preparados. El fin es traer a los inversionistas del tercer mundo al mismo nivel de competencia industrial encontrada en países industrializados, la técnica (know-how) y las técnicas de administración; deben ser transferidas, por el mejor intermediario, en este caso es una compañía industrial similar (lo que nosotros llamamos el que “envía la tecnología”).

Hemos encontrado que esto no es suficiente, pues contratos superficiales no llevan a la transferencia real. Una razón de que la intrínseca transferencia de tecnología no pueda ser implementada con contacto superficial es que las competencias a ser transferidas son una bien definida mezcla de trabajos y programas involucrando reclutamiento, entrenamiento y métodos que ayuden en la reconciliación de los antecedentes de los trabajadores con las necesidades industriales del país receptor.



Establecimiento de un plan para el progreso permanente donde se conozca, a la gente que laborará en la planta.

En un país industrializado el personal en capacitación, está casi siempre listo y aclimatado a una cultura industrial. Esto no siempre es así en un país en desarrollo, la gente de una cultura diferente, casi siempre rechazará los programas de entrenamiento y trabajos creados para personas ya familiarizadas con el concepto industrial.

Para asegurar que las facultades son transmitidas a pesar de las diferencias culturales, un tercer actor es necesario entre el que envía y recibe y es el adaptador. La tarea del *adaptador* es construir una lista de las condiciones industriales del que envía. Por otro lado esto es establecer toda la información relevante del trasfondo cultural del receptor.

El que envía, por su puesto no rechaza ó desestima las realidades locales, su trabajo es transmitir técnicas aprobadas para hacer el trabajo y no le concierne, ni es de su competencia cambiar sus métodos de producción. La persona que debe de asegurar un intercambio adecuado de la transferencia de información es el adaptador. El tiene una colección ordenada de técnicas. Este rango va desde psicología, sociología, etnología, administración, organización, hasta entrenamiento.

El que envía puede preparar al personal de entrenamiento del receptor en sus propias instalaciones o proveer asistencia técnica en el arranque de la nueva planta. El adaptador por otro lado, puede encargarse de una operación fundamental. Más que montar un equipo de operación temporal, el adaptador preparara uno en el cual asegura no sólo la puesta en marcha



de la planta y su operación permanente, sino también el desarrollo y progreso continuo de las instalaciones.

Progreso permanente

El establecimiento de procedimientos para asegurar el progreso permanente, es un proceso tan delicado que los inversionistas del tercer mundo, donde el desarrollo es rápido, casi siempre no ven la necesidad de hacerlo. No obstante la transferencia de tecnología no debe ser considerada una operación finita. Es bueno para el desempeño, que los objetivos sean alcanzados, pero la transferencia debe evolucionar también. Y si ésta lo hace, la eficiencia del grupo y su conducción será mucho más fácilmente alcanzada que en el pronóstico original, tres factores dinámicos son involucrados:

- Administración de personal
- Trabajos
- Sistemas

La promoción de trabajadores es casi siempre facilitada por el equipo de ayuda para adquirir las habilidades necesarias. Es ayudado por la preparación de canales de auto entrenamiento, mientras realiza su trabajo cuando cada empleado se está también preparando para trabajo más sofisticado. Particularmente en países en desarrollo estos canales pueden modificarse -en número y cantidad- la ayuda técnica viene de fuera, mientras se encuentra una solución para el arranque de la nueva planta.

La administración del trabajo es un intento en el enriquecimiento del mismo trabajo. Sin cambiar el sistema, nuevos trabajos pueden ser asignados a las personas de acuerdo a la madurez y desarrollo individual. El progreso en sistemas técnicos es dirigido a la evolución en



cada rama de la compañía del cliente. Podría ser interesante establecer un progreso dialéctico entre los trasfondos culturales de los grupos y la complejidad de las habilidades. Esto no siempre es fácil donde la maquinaria y el equipo son factores básicos. Pero la operación de una planta puede dirigirse a incrementar su complejidad sin equipamiento. Para resumir, las habilidades para desarrollar la empresa son tan importantes como la transferencia inicial de competencias industriales.

Los actores en la transferencia de tecnología

Tres actores son necesarios para el éxito de la transferencia de tecnología:

- El que envía
- El receptor
- El adaptador

Cada uno juega su rol o su parte en común para alcanzar sus metas.

Comencemos con el receptor, quien es el inversionista, el iniciador de la operación, el que debe sentirse involucrado, el debe participar en planear las metas de los empleados de la compañía. Además el trabajo del receptor de observar a sus empleados es muy importante. El debe –desde el inicio- movilizar cada grupo de trabajadores, para que jueguen un rol en el alcance de las metas propuestas, así mismo intenta escoger a la mejor gente. De esta forma, al finalizar el trabajo él se beneficia del prestigio del éxito alcanzado.

¿Que hay acerca del que envía?

El debe tener completo dominio de su técnica. También debe tener una reserva de técnicos y administradores a los cuales puede asignar a tareas delicadas, para realizar sus trabajos en un medio ambiente nuevo, el cual ellos encontrarán enriquecedor, más que difícil.



¿Que hay acerca del adaptador?

Para el adaptador, la transferencia de tecnología no es meramente otro trabajo, sino una profesión. Él ayuda a llevar la transferencia de tecnología paso a paso, realiza un acercamiento de transferencia realista que se construye sobre características culturales, sociales y económicas. En otras palabras, toma en cuenta todas las características locales.

Pasos en la transferencia de tecnología.

Para un mejor análisis, se ha hecho 10 pasos o etapas en la transferencia de tecnología que son:¹⁴

1. *Estudio preliminar*: un estudio preliminar se enfoca en el país y región del receptor. Básicamente, esto es una lista de gente disponible, sus antecedentes culturales, instalaciones de entrenamiento existentes, estructura industrial existente, sus éxitos y sus fallas. Un segundo estudio es dedicado al que envía la tecnología. Esto se refiere a los atributos de la planta en la cual el proyecto es modelado, el consultor de ingeniería, el constructor de la planta y las posibilidades de cooperación y ayuda técnica.
2. *Selección y preparación de líderes de transferencia de tecnología para nuevos trabajos*: ellos son la unión entre el que envía y receptor. Por lo tanto los líderes están organizados en grupos mezclados de ambos del receptor y el que envía. Los del que envía deben aprender las técnicas del receptor, su cultura y su organización. En contraste los líderes del receptor deben aprender las características básicas de la tecnología a ser transmitida.
3. *Creación del plan global*: raras veces existe una solución única a un problema. En la etapa de macro-planeación (esto es, construcción de lugares, producción), las elecciones conciernen al proceso, mejores líneas de producción, maquinaria pesada y su establecimiento. Pero en la etapa detallada de micro-planeación, los trabajos pueden ser considerablemente modificados. Esto es hecho por investigación basada en la estandarización de la instalación del equipo, la medida y control de instrumentos. Un análisis similar determina el número y la dificultad de los trabajos necesarios.
4. *Organización*: esta fase se encuentra muy cercana a la anterior y resulta de ella. Las técnicas son rara vez tan restrictivas que impongan una única forma de organización y varias elecciones son también posibles en la etapa macro organizacional. Como para la etapa micro-organizacional -la creación de trabajo- es más fácil y más eficiente. Hay

¹⁴ Silver Seurat and Georges Hostache, "Technology Transfer at Arzew", *Hydrocarbon Processing*, (1978), January, p. 202.



- arreglos en canales, de acuerdo al incremento de la dificultad de las facultades a ser adquiridas.
5. *Reclutamiento*: en este punto las personas más disponibles para los trabajos deben ser localizadas y escogidas. La elección está basada en pruebas y observaciones de situaciones reales o simuladas.
 6. *Entrenamiento*: Las operaciones que se han hecho antes y las que siguen, son casi siempre ignoradas o desestimadas. Consecuentemente, mucha gente considera la etapa de entrenamiento como la única que importa en la transferencia de tecnología. Ésta es una fase importante, pero aquí nos limitaremos a un bosquejo de lo esencial.
 - a. Proceso de entrenamiento basado en situaciones locales, tratado como un trabajo en un medio ambiente real.
 - b. La programación detallada evita entrenamiento amateur debe ser una instrucción improvisada en el trabajo. Los métodos de entrenamiento decididos de acuerdo al costo, fecha límite y criterio de eficiencia. El entrenamiento debe ser preparado en detalle cuando es desarrollado por técnicos que nos son instructores profesionales.
 - c. La base del programa es la orientación a la enseñanza. Ésta es una elección de macro entrenamiento.
 - d. Por contraste en el nivel de macro-entrenamiento (esto es, una clase guiada por un instructor), uno está preocupado en preparar un escenario de enseñanza, el cual es la base de la enseñanza programada. Una lección puede tardar en preparar de 10 a 40 veces más que una clase de enseñanza.
 7. *Enseñanza en grupo*: un grupo no es la fuerza laboral completa, sino un grupo de operación. Los grupos deben ser entrenados en el trabajo. Tal entrenamiento es hecho de tal forma que todos los grupos son interdependientes y se pasan conocimientos de un grupo a otro. El método más eficiente es tratar con problemas reales en condiciones del trabajo actual.
 8. *La dinámica global*: esta fase es un eco de la tercera fase para una transferencia de tecnología exitosa. Nosotros hemos ya descrito esto refiriéndonos al establecimiento de progreso permanente. Similarmente, reforzamos que una transferencia no puede ser una operación finita.
 9. *Medición de resultados y acciones de corrección son procesos permanentes*: el control puede ser una verificación – al final de cada clase- de su efectividad y una medida de cuanto cada entrenado ha aprendido. Una baja puntuación podría demandar revisión de la lección. Si esto pasa demasiado seguido, los entrenadores y el programa deben ser reexaminados. Si la selección final es correcta y si el entrenamiento está bien preparado, adaptado y controlado, el resultado tiene un 80 % de posibilidades de ser positivo.
 10. *Estrategia de transferencia y creación del plan global*: la plantación global debe seguir un orden y programa predeterminados. Sólo con tal acercamiento la fuerza laboral puede estar lista en el momento de poner en marcha la planta y llevar a cabo tal plan no es la fase final. Más aún, esto es una operación clave en la transferencia.



1.6. Asimilación de tecnología

La asimilación de tecnología es un proceso de aprovechamiento racional y sistemático del conocimiento relacionado a una tecnología en uso. La profundización de este conocimiento incrementa las posibilidades de obtener el óptimo aprovechamiento de dicha tecnología. Esta función de la gestión de tecnología tiene como objetivos centrales mejorar la competitividad y lograr la capacidad de generar mejoras que incrementen la calidad y la productividad.

El concepto de asimilación de tecnología ha tenido difusión en la industria de transformación tanto en el sector público como en el privado; sin embargo, su aplicación mediante programas de asimilación no han sido llevados a la práctica en forma sistemática, por lo que las bondades que esta función tiene no han sido debidamente apreciadas, aunque se han presentado análisis detallados de esta función, con modelos para su aplicación y diagnóstico. Con propósitos introductorios, es importante considerar que un programa de asimilación debe estar formado fundamentalmente por tres actividades:

- Documentación
- Capacitación
- Actualización

En algunas de estas presentaciones se incluye una cuarta actividad “difusión”, pero se encuentran interrelacionadas ya que son parte del proceso de enseñanza - aprendizaje.

1.7. Tipos de transacciones de transferencia de tecnología

Las empresas de países en desarrollo así como de otras naciones, adquieren tecnología en forma general de dos maneras: directamente, mediante contratos con empresas de países avanzados que utilizan los procesos en su propia producción e indirectamente, incorporada en



los "productos" de fabricantes de máquinas, de empresas de estudios técnicos o de otras empresas análogas. Por lo tanto, en una clasificación general de las transacciones de transferencia de tecnología se pueden establecer por lo menos dos categorías principales.

- Compras de tecnología a proveedores que la venden incorporada en su producto
- Compras de tecnología a proveedores que la utilizan en su propia producción

La primera categoría de transacciones es más complicada de lo que parece a primera vista, por lo que es conveniente dividirla en dos subcategorías:

- (a) Transacciones simples y directas de tecnología
- (b) Transacciones de transferencia global de procesos de producción

La segunda categoría general de transacciones coincide aproximadamente con la de las transferencias contractuales de tecnología. Son generalmente transacciones que entrañan acuerdos de concesión de licencias, muy a menudo la participación del proveedor de tecnología en el capital social y también generalmente algún control permanente por parte del proveedor. Se les ha calificado acertadamente de transacciones de transferencia "global" de proyectos y en ellas el proceso, la técnica y las contrataciones necesarias para la instalación constituyen un bloque, el cual es al mismo tiempo parte de otro bloque mayor que contiene la participación del proveedor, en el capital social y/o diversos tipos de control permanente de la gestión, así como acuerdos acerca del suministro de materiales, insumos y asistencia técnica. En este tipo de transacciones la forma cómo se adquiere la tecnología define la forma de administrar el proyecto y puede presentar repercusiones a lo largo de toda su vida.

Resumiendo este análisis, se puede establecer que las transacciones pueden clasificarse en:

- a) Transacciones directas simples
- b) Transacciones de transferencia global de procesos de producción
- c) Transacciones de transferencia global de proyectos



Las transacciones de la tercera categoría de ésta nueva clasificación se diferencian de las otras dos, en que en ella se compra la tecnología a una empresa que la utiliza en su propia producción. No obstante, la clasificación principal se hace ahora con arreglo a la naturaleza y al grado más o menos global de la transferencia objeto de las transacciones. Como ejemplo de esto tenemos que en el área de producción como es el caso práctico que presentaremos, las transacciones que normalmente se realizan; corresponden a las clasificaciones (b) y (c).¹⁵

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las diferentes transacciones.

(a) Transacciones directas simples

Las transacciones directas simples son las más fáciles de realizar en su seguimiento. Estas se caracterizan porque no existen operaciones globales, se conoce directamente el precio de cada componente y la fijación de precios sigue el comportamiento de un mercado tipo oligopolio.

(b) Transacciones de transferencia global de procesos de producción

Este tipo de transacciones de transferencia (presentes en proyectos como el caso práctico) pueden ir desde instalaciones de producción totalmente integradas, entregadas "llave en mano", hasta simples procesos, pasando por líneas de producción, siendo éstas las más comunes en la industria de transformación. Los principales inconvenientes de las transferencias globales de procesos de producción son los siguientes:

- Reducen la competencia porque tienden a concentrar las ventas de equipo, estudios, etc., en manos de un número relativamente pequeño de empresas contratistas. En algunas industrias, el mercado internacional está dominado por un número muy pequeño de contratistas importantes.
- No permiten a los compradores aprovechar plenamente la competencia entre los proveedores independientes para montar una instalación técnicamente eficiente al costo más bajo (en la que en algunos casos pueden utilizarse combinaciones de factores de producción diferentes, más apropiados que los de cualquiera de los procesos globales que se ofrecen en el mercado).
- Reducen las oportunidades de recurrir a las empresas locales de ingeniería y a los fabricantes locales de bienes de capital, con lo que, para los proveedores locales de tecnología, la adquisición de conocimientos por la práctica puede no alcanzar el nivel que sería conveniente desde el punto de vista nacional.

¹⁵ Evaluación de..., p. 20.



Dichas desventajas hacen que exista interés por separar los diversos elementos de la tecnología transferida, es decir, aumentar la proporción de transacciones directas simples. Sin embargo, no sólo tiene ventajas sino que también entraña costos y hasta ahora no se ha estudiado suficientemente hasta qué punto los beneficios compensan los costos.

Es probable que las empresas del sector privado tengan a este respecto una opinión distinta a la de los organismos gubernamentales; los costos y los beneficios privados de la separación de los elementos de la tecnología transferida serán diferentes de los costos y beneficios sociales. Por lo general, la evaluación social llevará a una mayor separación de los elementos que la evaluación privada. Muchas de las ventajas de tal separación, particularmente la formación de técnicos que con esto se logra, no benefician en el corto y mediano plazo a las empresas privadas que compran la tecnología. Además, las transacciones directas simples presentan a veces riesgos mayores y las firmas privadas pueden mostrarse más reacias que los gobiernos a correr esos riesgos (debido principalmente por los costos de dilución de responsabilidad que esto puede implicar).

(c) Transacciones de transferencia global de proyectos

Las transacciones de transferencia global de proyectos que pertenecen a este tipo han sido ampliamente estudiadas y en muchos países en desarrollo constituyen la principal preocupación de las administraciones. En este tipo de transacciones la tecnología se obtiene de una empresa que la utiliza en su propia producción, es decir, esencialmente de un competidor o de una empresa que actúa como subcontratista internacional. Inevitablemente, las transacciones de este tipo son restrictivas.

Por su propia naturaleza, las transacciones de transferencia global de proyectos tienden a concertarse mediante negociaciones y regateos. Se suelen celebrar en circunstancias como las siguientes:

- La empresa local que trata de concertar un acuerdo de licencia se interesa principalmente por las excepcionales ventajas de mercado que puede proporcionarle ese acuerdo. Desde el punto de vista de los compradores, son relativamente pocos los proveedores que pueden ofrecer tales ventajas.
- Los proveedores desean normalmente limitar, en cada mercado nacional, la difusión de las innovaciones que han introducido en el proceso de producción, ya que el valor comercial de la innovación se reduce al ser de más fácil acceso.

Estas circunstancias hacen que las negociaciones se celebren entre un sólo comprador y un sólo vendedor. Por consiguiente, la mayoría de los sistemas administrativos establecidos para "controlar" las transacciones de transferencia de tecnología han sido concebidos para influir en las negociaciones (en favor de los intereses nacionales de los países en desarrollo). Pero hay otros tipos de transacciones que también se hacen mediante negociaciones y regateos, tal es el



caso de las transacciones de transferencia global de procesos de producción, particularmente para la entrega de plantas "llave en mano". Así pues, la negociación es un medio corriente de fijar el precio en estos mercados; sólo en el caso de las transacciones directas simples predominan los mercados relativamente abiertos.

1.8. Costo de adquisición de la tecnología

Los costos involucrados en la transferencia de tecnología pueden ser explícitos o implícitos y pueden clasificarse en:

Costos explícitos:

- (1) Pagos por el derecho a utilizar patentes, licencias, conocimientos técnicos y marcas.
- (2) Pagos por la información y los conocimientos técnicos necesarios en todas las fases, desde la preinversión hasta la producción, pasando por la inversión.

Costos implícitos:

- (1) Aumento de los precios de los insumos de productos intermedios, algunos de los cuales pueden no tener precio de mercado.
- (2) Pagos por concepto de los beneficios obtenidos con la capitalización de los conocimientos técnicos, mediante la adquisición de una participación en el capital social que sustituya o complemente otros medios de pago por la transferencia de tecnología, en cuyo caso los dividendos devengados por esa participación son en parte pagos por la tecnología transferida.
- (3) Pagos consistentes en parte de los beneficios repatriados por las filiales de capital totalmente extranjero o por las empresas mixtas cuando no se han estipulado disposiciones expresas sobre los pagos por transferencia de tecnología.
- (4) Pagos por los bienes de capital y otros equipos técnicos importados cuyos precios incluyen normalmente el costo de la tecnología, el cual es normalmente evaluado por los exportadores.

Todos estos son costos monetarios que pueden ser evaluados; aunque en algunos casos ello sea difícil. También hay costos de oportunidad que son todavía más difíciles de calcular. Por ejemplo, los costos sociales debidos a la transferencia de tecnología inadecuada, insuficiente, tardía o a la "no transferencia", que se produce cuando un inversionista extranjero establece



una fábrica en un país, pero la tecnología utilizada no se transfiere efectivamente a los nacionales de ese país, lo que es frecuente.

Los costos explícitos son relativamente fáciles de calcular. Por lo general las regalías, que se analizan más adelante, constituyen el elemento principal, los costos explícitos son los que se indican expresamente en los contratos de transferencia o que se reflejan en los pagos efectivos.

Los costos implícitos son los que resultan más difíciles de calcular. Los precios elevados de los insumos obtenidos del proveedor de tecnología son resultado de su posición monopolística y son iguales a la diferencia entre los precios fijados por el proveedor y los precios del mercado libre. Esta fijación de los precios de transferencia constituye uno de los aspectos de la contabilidad de las transferencias, es decir toda la serie de prácticas contables que entrañan la asignación arbitraria de los asientos contables en la cuenta de ganancias y pérdidas de una empresa a fin de reducir al mínimo el pago de impuesto.

Toda empresa puede proceder a esa asignación, pero las empresas internacionales se hallan en mejor posición para hacerlo, puesto que pueden distribuir los costos y beneficios entre las filiales y la empresa matriz con relativa facilidad. La fijación de los precios de transferencia es una de las principales razones de los costos implícitos de transferencia indicados anteriormente.

1.8.1. Alternativas de forma de pago por transferencia de tecnología

Las formas típicas de pago se basan fundamentalmente en fijarle fundamentalmente un valor a la tecnología mediante diferentes criterios: un pago o una cantidad fija (suma global) o



mediante pagos continuos. En este último caso, a menudo la fórmula se determina de acuerdo a un total estimado.

Es conveniente tener una política definida en cuanto a la fórmula de pago a proponer para la negociación con los proveedores de tecnología. Normalmente es el proveedor el que trata de imponer una forma y monto determinado, dado que se puede retribuir la tecnología tanto en pagos continuos (regalías) como en pagos fijos o combinaciones entre ambos. Se recomienda que si la tecnología es de producto o si ésta misma requiere intensamente de servicios técnicos y/o sufre modificaciones continuas, conviene usar fórmulas de pagos continuos ó regalías. Si se trata de adquisición de tecnología de proceso y si conviene a los planes ó programas financieros del proyecto, se recomienda negociar en cantidades fijas (*lump-sum payment*, costo tecnológico unitario: \$ / (ton/año), etc.).

1.8.1.1. Pago de regalías en la transferencia de tecnología

Existen diferentes fórmulas de pago usadas en la transferencia de tecnología, las más utilizadas se presentan a continuación:

(1) Cantidad fija (suma global)

En esta forma se fija un valor por el uso de los conocimientos técnicos básicos o por la licencia objeto del contrato (patentes, know-how, etc.). Los pagos pueden hacerse en una sola exhibición o en varias, de acuerdo a un programa acordado entre las partes. Existen además otras modalidades en pagos fijos para retribuir la adquisición de tecnología, las cuales se describen a continuación:

(a) Pago fijo en función de la capacidad instalada o en función de la capacidad aprovechada sobre la capacidad instalada. Normalmente estos pagos se hacen en una sola exhibición, como regalía totalmente pagada por el derecho al uso de la tecnología en cuestión para una cierta capacidad de producción. Las modalidades pueden ser:

(a.1) Pago total por una determinada capacidad instalada anual, el cual puede expresarse en \$ / (ton/año); \$ / (ft³/año); etc.



(a.2) Pagos en función de volúmenes producidos, o sea, se paga una cantidad fija (x) por cada unidad producida. Por ejemplo: \$/lb., \$/ton, \$/barril, etc., producidos en cada año.

(a.3) Pago por el derecho total liquidado por usar la tecnología necesaria para producir cierto volumen de capacidad de producción. Esta forma suele escalarse como sigue:

- Sobre las primas (X) ton/año de capacidad instalada, se pagarán (A) \$/ (ton/año)
- En el año en que se produzcan excedentes de (X) ton/año hasta (Y) ton/año, se pagarán (B) \$ / (ton/año)
- Consecuentemente, si se producen excedentes de (Y) ton/año se pagarán (C) \$ / (ton/año)

Cabe aclarar que si en un momento dado se ha pagado hasta una capacidad (Y), el adquiriente tiene derecho a producir indefinidamente hasta la capacidad (Y), sin pagar regalías. Normalmente $A > B > C$.

(b) Cantidad fija anual en un período de vigencia. Esta fórmula sólo se utiliza cuando se tiene una estimación confiable del volumen anual aproximado de ventas y de utilidades o cuando se le fija un valor total (en valor presente) a la tecnología y se desea cubrir su importe en anualidades.

(c) Otra modalidad para retribuir el costo de la tecnología es mediante la cesión o intercambio de acciones de capital social. En este caso se le da un valor a la tecnología y sobre éste se compensa al licenciador con el equivalente en acciones. Este tipo de transacciones permite que el licenciador opte por proporcionar la tecnología más eficiente y actual, aportará continuamente las innovaciones sobre dicha tecnología y le aportará además el atractivo de obtener utilidades. Para el licenciario, además de tener la oportunidad de adquirir tecnología competitiva y de estar en posibilidades de incorporar desarrollos tecnológicos nuevos, dejará de desembolsar al principio grandes sumas, lo cual favorece directamente al flujo de efectivo y al costo de financiamiento.

(2) Pagos continuos

El pago continuo de regalías tiene las siguientes modalidades:

(a) Pago de regalías sobre ventas anuales. Este porcentaje puede ser fijo o variable. Si es variable puede darse en función de distintos parámetros, por ejemplo: regalías en función del tiempo y escalado contra volúmenes variables de ventas. (Para un volumen anual de ventas (A), se pagará el (X %); para un volumen que exceda de (A), pero inferior a (B), se pagará el (Y %); y sobre cualquier volumen que excede de (B), se pagará el (Z %). Siendo $Z < Y < X$).



(b) Pago de regalías sobre ventas en función de volúmenes de producción durante un período fijo de tiempo: se pagará el (X %) sobre un volumen de producción (A) (tons, kgs, lbs, barriles, etc.); sobre el excedente de (A), hasta un volumen (B), se pagará el (Y %) y sobre el volumen que exceda de (B), se pagará el (Z %). Siendo $Z < Y < X$.

(c) Pago de regalías sobre ventas en función del tiempo de vigencia del contrato: ejemplo: el (X %) durante los primeros (N) años, el (Y %) durante los siguientes (P) años y el (Z %) en los años posteriores de vigencia del contrato. Siendo $Z < Y < X$.

(d) Igual al punto anterior sólo que $Z > Y > X$. Esta forma puede favorecer al comprador o adquiriente, si se considera que de acuerdo al flujo de efectivo, resulta una carga más fuerte para el adquiriente si tiene que pagar más regalías en los primeros años de vigencia.

(3) Pagos combinados

Las formas más comunes se presentan a continuación:

(a) Un pago fijo al momento de revelar la tecnología o para cubrir el costo de la elaboración de la información técnica básica y un pago continuo de regalías como retribución por los derechos adquiridos, así como por el suministro continuo de información técnica y asistencia técnica.

(b) Pago de regalías sobre ventas netas con limitación sobre utilidades y/o de acuerdo a montos máximos. O sea, se establece un porcentaje de regalías (X %) cuyo monto resultante anual no debe ser mayor al (Y %) del monto de utilidades en ese mismo año, donde (Y) es del orden del 15 al 30%. Además a la misma fórmula suele agregarse un monto límite anual o total, que es independiente del tiempo de vigencia.

(4) Regalías mínimas

Esta forma de pago incluye: un pago continuo de regalías, ya sea como porcentaje de ventas o de volumen de producción anual, además, una cantidad fija anual como mínimo, independientemente del volumen de producción o de ventas. Esta forma le proporciona confianza al licenciador, sobre todo cuando tiene dudas o desconfianza respecto a las operaciones futuras del licenciario o incertidumbre sobre incrementos substanciales en la producción y ventas anuales. Sin embargo, esta forma puede ser perjudicial para el licenciario, si se presenta un retraso en la puesta en marcha de la planta; si por efectos adversos del mercado o alzas inesperadas en los costos de los insumos no se alcanza el nivel esperado de ventas para cubrir la regalía mínima, entonces se incurre invariablemente en pérdidas para el adquiriente.

(5) Pagos por servicios de soporte técnico

A menudo el mismo contrato incluye el suministro de servicios técnicos prestados por personal de licenciador, ya sea para entrenamiento de personal o para proporcionar ayuda al licenciario durante la instalación, puesta en marcha y operación normal de la planta ó



aún durante la vigencia del contrato para resolver problemas de operación, de control de calidad, etc.

La retribución en este caso se cubre de acuerdo a una tabulación específica, negociada entre las partes contratantes sobre la base de hora-hombre, de acuerdo al rango, jerarquía y especialización de los técnicos que prestarán dicha asesoría. Es oportuno indicar que conviene aclarar con el licenciador, si los montos por hora-hombre incluyen lo siguiente: gastos indirectos de administración, prestaciones sociales, impuestos, utilidades de licenciador, seguro, etc. Así también, se deberá aclarar si el costo de hora-hombre incluye gastos de viaje y viáticos.

1.9. Patentes

1.9.1. Definición

Una patente es el privilegio que concede el Estado para explotar en forma exclusiva una invención novedosa, susceptible de aplicación industrial.

Se puede registrar bajo la figura de patente, una *invención*, que es toda creación humana que transforma la materia o la energía, para el aprovechamiento del hombre y satisfacer sus necesidades. Son patentables las invenciones que cumplen con los requisitos de patentabilidad: que sean *nuevas*, sean resultado de una *actividad inventiva* y tengan *aplicación industrial*. Se obtiene protección bajo patente, para productos, y procesos.

El término patente tiene dos acepciones. Es un privilegio que se otorga al inventor de algún producto y/o proceso aplicable a la industria, para que lo explote de forma exclusiva y también es el documento oficial que expide el Estado a través de una institución, donde se reconoce la calidad del inventor y los derechos que esto implica. A este documento se le denomina título de la patente. El privilegio que se concede a través de la patente consiste en la explotación de la invención de forma exclusiva durante veinte años, lo que implica que nadie puede hacer uso



"con fines de lucro" del producto o proceso patentado sin el consentimiento expreso del titular de la patente.

Así mismo se considera invención toda creación intelectual que permite transformar la materia o la energía que existe en la naturaleza para su aprovechamiento por el hombre a través de la satisfacción inmediata de una necesidad concreta. Quedan comprendidos entre las invenciones los procesos o productos de aplicación industrial¹⁶, siendo ésta la que se utilizará en el presente trabajo.

Una patente de invención es un derecho exclusivo que el Estado otorga al inventor, a cambio de que éste brinde a la sociedad el fruto de su investigación y la invención deje de ser secreta para pasar al estado de público conocimiento.

Las enseñanzas técnicas derivadas de ese conocimiento pueden servir de base para que terceros desarrollen perfeccionamientos sucesivos, contribuyendo a un mayor avance científico o tecnológico. El derecho exclusivo tiene una duración de 20 años, durante los cuales el titular puede justamente, impedir que terceros exploten su invención. Pasado ese lapso, la patente pasa a ser de dominio público, ello significa que cualquier persona puede hacer uso de la misma sin tener que abonar regalías al titular de la patente.

¹⁶ Donald G. Daus, "What can be patented?", *Chemical Engineering*, (1982), august 23, 74.



1.9.2. Su utilidad

Otorga la seguridad jurídica del derecho de exclusividad sobre el invento por el término que le acuerda la Ley¹⁷, pudiendo impedir con ella que terceros sin su consentimiento realicen actos de fabricación, uso, oferta para la venta, venta o importación del producto o procedimiento patentado.

La patente de invención es un bien intangible. Al igual que un título de propiedad sobre un inmueble o un automóvil, la patente se puede transferir siendo vendida, heredada o incluso regalada a través de una cesión de derechos (a título gratuito en éste último caso).

Todos los titulares de patentes deben, a cambio de la protección de la patente, publicar información sobre su invención, a fin de enriquecer el cuerpo total de conocimiento técnico del mundo. Este creciente volumen de conocimiento público promueve una mayor creatividad e innovación en otras personas.

Así pues, las patentes proporcionan no sólo protección para el titular sino asimismo información e inspiración valiosa para las futuras generaciones de investigadores e inventores.

1.9.3. Tipos de invenciones

Una invención debe, por lo general, satisfacer las siguientes condiciones para ser protegida por una patente: debe tener uso práctico y debe presentar asimismo un elemento de novedad, es decir, alguna característica nueva que no se conozca en el cuerpo de conocimiento existente en su ámbito técnico.

¹⁷ Ley de la Propiedad Industrial publicada en el D. O. F. el 27 de junio de 1991 con reformas publicadas el 2 de agosto de 1994; 26 de diciembre de 1997, 17 de mayo de 1999, 26 de enero de 2004 y 16 de junio de 2005.



Este cuerpo de conocimiento existente se llama "estado de la técnica". La invención debe presentar un paso inventivo que no podría ser deducido por una persona con un conocimiento medio del ámbito técnico.

Finalmente, su materia debe ser aceptada como "patentable" de conformidad a derecho. En numerosos países, las teorías científicas, los métodos matemáticos, las obtenciones vegetales o animales, los descubrimientos de sustancias naturales, los métodos comerciales o métodos para el tratamiento médico (en oposición a productos médicos) por lo general, no son patentables.

En el ramo de la ingeniería química es útil considerar 4 categorías de patentes que son:

❖ Procesos

Un proceso se ha definido tradicionalmente como un acto o serie de actos (pasos) realizados en algún objeto físico, con el efecto de producir algún cambio de carácter, condición o lugar. El proceso puede ser químico o mecánico. Los procesos pueden usar las fuerzas como la acción química, el calor, luz o electricidad logrando sus resultados.

Un principio o ley de la naturaleza no es patentable como proceso¹⁸ y los procesos químicos normalmente evitan los principios propios de la naturaleza.

Mientras que los procesos químicos siempre se han reconocido como patentables, existieron dudas acerca de la patentabilidad de procesos mecánicos (no químicos), bajo la doctrina de "funciones de máquinas". El razonamiento típico era que el hombre no puede tener una patente para la función o el efecto abstracto de una máquina, pero sí sólo para la máquina que lo produce. Esta protección se había otorgado a los procesos químicos.

Además, no se ha permitido el patentar un algoritmo, fórmula matemática o procedimiento por resolver (por mano o por la computadora) un tipo dado de problema matemático, considerando a estos comparables a una ley de la naturaleza.

Actualmente las computadoras son parte de cualquier proceso, aunque un programa de computadora no puede ser elegible como patentable, puede ser "*propiedad registrada*" o "*marca registrada*", que es un formulario más limitado de protección.

¹⁸ Ídem.



❖ Máquinas

Una máquina incluye cada dispositivo mecánico o combinación de fuerzas mecánicas y dispositivos para producir algún resultado o efecto. La estructura de una máquina es activa, como comparado a la naturaleza pasiva de la próxima categoría,

❖ Manufacturas

Las manufacturas incluyen los organismos vivientes. Una fabricación se define como algo hecho por el arte o industria de no ser una máquina, la composición de materia o un plan (es decir, artículos o instrumentos o hechos por inteligencia humana o en donde se preparen los materiales).

El término fabricación es interpretado como "la producción de artículos con el uso de materias primas, donde se preparan materiales con nuevos formularios, calidades, propiedades o combinaciones, con una mano de obra o por la maquinaria." Así un nuevo mineral descubierto en la tierra o una nueva planta encontrada en la vida salvaje, no es patentable ya que éstos no son manufacturados. *La importancia patentable debe recaer en la estructura física, no en el nuevo arreglo.* Por ejemplo las invenciones relacionando a la estructura o fabricado de libros serían patentables, pero los volúmenes del libro no pueden ser, ya que estos están resguardados por lo derechos de autor.

❖ Composición de la materia

Una composición es una mezcla de dos o más sustancias, incluso el producto de una reacción química. Algunos dudan que los nuevos compuestos químicos pudieran ser patentables, pero ahora lo pueden ser:

- ❖ Las composiciones y raras manufacturas muy similares a la naturaleza
- ❖ Una rara composición o una mezcla mecánica
- ❖ También puede ser una combinación de ambos
- ❖ Una composición vieja en un estado-sólido diferente para el líquido, cristalino pero amorfo, etc.

Puede ser patentable una nueva composición y un cambio de la pureza de una composición vieja, además puede ser patentable como una nueva composición si la composición purificada tiene un nuevo uso o función.

1.9.4. Registro y solicitud

Para poder patentar una invención se debe presentar una solicitud en la oficina de patentes del país donde se desea patentar y se puede hacer tanto en forma personal, como a través de un agente de la propiedad industrial, para lo cual se deberá presentar en el correspondiente



formulario, una declaración por la que se solicita la patente, la identificación del solicitante, una descripción y una o varias reivindicaciones, aunque las mismas no cumplan con los requisitos formales.

El costo de una solicitud de patente nacional es de \$7,577.39. Para presentar una solicitud de patente utilizando el PCT¹⁹ tiene un costo de 1400 francos suizos, si la solicitud tiene hasta 30 páginas y 15 francos suizos por cada página que exceda las 30. Para solicitudes PCT se deben pagar tarifas, de entrada a fase nacional, para la realización del examen de búsqueda y el examen preeliminar en su caso.²⁰

Dentro de los 90 días siguientes de la fecha de presentación, se realizará un examen preliminar a los efectos de solucionar posibles defectos formales de la solicitud, en vista a su publicación. Una vez aprobado el examen preliminar se publica la solicitud dentro de los 18 meses de la fecha de presentación y luego previo pago de la tasa correspondiente, se realiza un examen de fondo, a efectos de determinar la novedad de lo propuesto.

De acuerdo al atraso existente, el trámite hasta la concesión de una patente o de modelo de utilidad tiene una duración de aproximadamente 5 años en promedio, dependiendo del área técnica a que se refiera el invento.

Una vez que presentó la solicitud, lo que tiene el solicitante es un derecho en expectativa, aunque todavía se tiene el derecho que solicito, porque dicho derecho se otorga cuando la patente se concede. Cualquier conflicto que pudiera surgir entre un solicitante al que se la ha

¹⁹ Tratado de Cooperación de Patentes.

²⁰ Ver costos en la página del IMPI, www.impi.gob.mx, consultado el 27 de abril de 2006.



concedido una patente y un posible infractor que tuviera el producto del solicitante en el mercado, deberá ser dirimido en el ámbito judicial en última instancia.

Presentada la solicitud, ya se puede comercializarla, pero corriendo el riesgo de ser demandado. Esto es así, ya que el Instituto no puede verificar al momento de la presentación, que el invento en cuestión sea novedoso, sino que ese dictamen se efectúa en la instancia del examen de fondo.

Al presentar una solicitud, el solicitante supone que la misma es novedosa, puesto que surgió del fruto de su imaginación y posterior desarrollo, lo cuál no implica que un tercero pueda haber arribado a la misma conclusión un tiempo antes y que tenga una solicitud en trámite o incluso una patente concedida por el mismo objeto de invención. En este caso, ignorando de buena fe el solicitante que el invento que pretende patentar no es novedoso, al lanzarlo al mercado antes de obtener la patente o al menos el resultado del examen de fondo, corre el riesgo de que quien ya pudiera tener el derecho, ejerza acciones legales contra él.

La fecha de presentación que se otorga a una solicitud de patente es cuando se efectúa el primer depósito, lo que le da prioridad al solicitante frente a un tercero que de buena o mala fe que pudiera presentar la misma solicitud un tiempo después. Cuando se dan estos casos, la segunda solicitud se reserva hasta que se resuelva la primera.

Cada oficina realiza la búsqueda de antecedentes para particulares y empresas que deseen saber si el desarrollo que están llevando a cabo ya existe en el país o en el mundo. Para ello,



deberán presentar una descripción del objeto de invención y abonar el arancel correspondiente, según la base de datos en la que se requiera la búsqueda.

El tiempo que demandan estas búsquedas externas es de aproximadamente 2 meses y el hecho que no surjan antecedentes, no implica que la solicitud a presentar sea novedosa. Una vez concedida la patente, deben pagarse anualidades para su mantenimiento, que dependen de cada país y se pagan por lo general por períodos de tres años.

Cabe destacar que las leyes en casi todos los países estipulan que en caso de no pagarse su anualidad, opera la caducidad de pleno derecho, es decir caduca la patente.

Cada oficina procede a la publicación de la patente concedida ya sea en boletines de marcas y patentes o en algún otro medio a efecto que la sociedad tome conocimiento de la innovación en el estado de la técnica.

Cabe destacar que la protección no es mundial. Tanto en México como en el resto del mundo, la protección es nacional. Esto significa que el solicitante debe presentar la solicitud de patente en cada país donde le interese protegerla, de acuerdo a las distintas legislaciones nacionales en vigencia. Para ello, puede utilizar las ventajas ofrecidas por el Convenio de París.

1.9.5. Convenio de París

El Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial es un tratado firmado por nuestro país y los países en los cuales se aplica el convenio, constituyen una unión para la protección de la propiedad industrial.²¹

²¹ El Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, se firmó en la Acta de Estocolmo de 1967. Adoptado el 14 de julio de 1967. Vigente en México desde el 26 de julio de 1976. Fuente WWW. <



En México, el derecho exclusivo que otorga una patente o un registro de diseño industrial o modelo de utilidad, es un derecho territorial, obtenido sólo para el país que lo otorga, para obtener protección en diversos países, es necesario solicitar en cada uno. Ingresando una primera solicitud de patente, se cuenta con un plazo de un año para solicitar en otro país, reclamando como derecho de prioridad la fecha de ingreso de esa primera solicitud, en el caso de patentes y de modelos de utilidad y en el caso de diseños industriales, este plazo de prioridad es de 6 meses.

Es posible tramitar una solicitud de patente, a través del Tratado en Cooperación de Patentes (PCT), tratado del que México es parte. Este trámite se lleva a cabo ante una oficina receptora de PCT, en nuestro caso, el IMPI funge como oficina receptora, el trámite administrativo que incluye el examen de forma y la búsqueda de anterioridades es un trámite internacional ante la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), sin embargo, la concesión de los derechos (examen de fondo) es de ámbito nacional, en una fase nacional, y que debe llevarse ante cada oficina de propiedad industrial de cada país en donde deseemos protección, después que se ha concluido el trámite administrativo y la solicitud haya entrado en fase nacional, al pagar las tasas correspondientes.

Entre sus beneficios más notorios, establece que quien hubiere depositado en algún país miembro una solicitud de patente o modelo de utilidad y estuviera interesado en presentar la misma solicitud en algún otro país miembro, tiene derecho a pedir un certificado de prioridad. Dicha prioridad será expedida por la oficina receptora de dicha primera solicitud (en este caso México) y con ella el solicitante podrá presentar la solicitud en cualquier país miembro.

Esto significa en términos concretos, que cuando se evalúe la novedad de lo propuesto en los países donde se invocó la prioridad, la fecha que tendrán en cuenta será la de la presentación original en nuestro país y no la de la presentación en esos países, siempre y cuando dicha segunda presentación se hubiere realizado dentro de 1 año a partir de la presentación original en nuestro país.

La novedad de la patente debe ser mundial. La ley de patentes en vigencia establece, los tres requisitos básicos que debe reunir una invención para ser patentable: novedad absoluta, actividad inventiva y aplicación industrial.

- *Novedad absoluta*: significa que el objeto de invención a patentar no debe estar comprendido dentro del estado de la técnica conocido, entendiendo por estado de la

http://www.impi.gob.mx/impi/jsp/indice_all.jsp?OpenFile=docs/marco_j/3w002200.htm> consultado el 8 de mayo de 2006.



técnica al conjunto de conocimientos técnicos que se han hecho públicos tanto en el país como en el resto del mundo, antes de la fecha de presentación de la solicitud en cuestión.

- *Actividad inventiva*: existe actividad inventiva cuando el proceso creativo o sus resultados no se deduzcan del estado de la técnica en forma evidente para una persona normalmente versada en la materia técnica correspondiente. Esto significa que si la invención es una combinación de elementos conocidos con resultado predecible, la misma carece de actividad inventiva puesto que el resultado final al que se accede partiendo de lo conocido es obvio para cualquier persona del oficio de nivel medio.
- *Aplicación industrial*: habrá aplicación industrial cuando el objeto de la invención conduzca a la obtención de un resultado o de un producto industrial, entendiendo como industria todo aquello susceptible de ser fabricado, aplicado en serie o a escala industrial, en contraposición a una obra de arte por ejemplo, que es única e irreplicable.

1.9.6. Diferencia entre patente y modelo de utilidad

Toda invención por lo general, parte del estado de la técnica conocido, detecta un problema a resolver y propone una solución técnica para ese problema, valiéndose en la mayoría de los casos de elementos conocidos que, combinados de una manera especial, dan origen a un nuevo objeto desconocido hasta ese momento. Existen casos de invenciones que no parten de algo conocido, sino que definen de cero una nueva tecnología que reemplaza a la anterior, *como fue el rayo láser en su momento o la tecnología digital versus la analógica*. Este tipo de invenciones son esporádicas y por lo general marcan mitos culturales que definen una época, por lo cuál no son un ejemplo representativo de lo que se considera una invención “tipo”.

Una patente de invención puede ser un objeto, un procedimiento, un aparato para fabricar el objeto, un compuesto químico, un uso de un compuesto químico o de un microorganismo, etc. En todos los casos, una patente de invención debe cumplir con los tres requisitos de patentabilidad: novedad, actividad inventiva y aplicación industrial.

Un modelo de utilidad se otorga únicamente a una disposición o forma nueva obtenida o introducida en herramientas, instrumentos de trabajo, utensilios, dispositivos u objetos



conocidos que se presten a un trabajo práctico, en cuanto importen una mejor utilización en la función a que estén destinados.

En todos los casos, un modelo de utilidad debe cumplir con dos requisitos de patentabilidad: novedad y aplicación industrial, pero puede no tener actividad inventiva, ya que este requisito no es obligatorio. Esto significa que se evaluará que el objeto sea novedoso y que realmente le sea conferida una mejor “utilidad” por medio de alguna modificación en su estructura, no importando que dicha modificación sea obvia para una persona del oficio de nivel medio.

Otras diferencias entre patentes y modelos de utilidad son la duración y los costos de las mismas. Mientras que las patentes se conceden por 20 años a partir de la fecha de presentación, los modelos de utilidad se otorgan por 10 años y todos los aranceles del trámite corresponden al 50 % de los de patentes, lo anterior se da de la siguiente manera.

- ❖ La protección conferida por una patente es de 20 años, improrrogables, contados a partir de la fecha de presentación.
- ❖ La protección conferida por un registro de diseño industrial es de 15 años improrrogables, contados a partir de la fecha de presentación.
- ❖ La protección conferida por un registro de modelo de utilidad es de 10 años improrrogables contados a partir de la fecha de presentación.

1.9.7. Patente y modelo industrial

La figura del modelo y diseño industrial está regulada en cada país por diferentes decretos, donde se establece que se considera modelo o diseño industrial, a las formas o el aspecto incorporados o aplicados a un producto industrial que le confieren carácter ornamental.

Es el caso de objetos cuyo diseño responde a fines meramente estéticos, sin que necesariamente deba resolver problema alguno. El modelo industrial es un objeto de tres



dimensiones, mientras que el diseño industrial tiene dos dimensiones y debe ser aplicado a un objeto tridimensional, por ejemplo el entramado de una camisa o la cuadrícula de un pañuelo o mantel.

A diferencia de las patentes y modelos de utilidad que conllevan una obligatoria búsqueda de antecedentes y que se otorgan por única vez por 20 y 10 años respectivamente, los modelos y diseños industriales son un registro (no se realiza búsqueda) y se conceden por 5 años, pudiendo renovarse por dos períodos consecutivos de la misma duración.

En México la historia de las patentes va desde que se registro el primer invento novo-hispano, el amalgamado en frío, descubierto por Bartolomé de Medina en 1544, que permitió la extracción de plata a gran escala. Durante la Colonia y primera época independiente, la inventiva mexicana siguió activa, pero a partir del siglo XX la cantidad de inventos disminuyó. Los gobiernos post-revolucionarios crearon más espacios institucionales para la investigación científica en México, pero a pesar de esto no se ha reflejado en una fuerte producción tecnológica: de 1981 a 2002, México paso de 14 patentes por año registradas en la oficina de patentes de Estados Unidos a 40, mientras que Corea, por ejemplo paso de 10 a 3,000.²²

Un problema que enfrentan los inventores mexicanos es cubrir el elevado costo de registrar las patentes. Una vez terminada en México, tienen un año para hacerlo en los demás países o se convierte en dominio público.

²² Mónica de la Colina, “Inventores Mexicanos: esa rara especie”, *Diario deportivo Record*, Año 1, núm. 493, 14 de septiembre de 2003, 4-A.



Una patente en México cuesta más de siete mil pesos más anualidades; adicionalmente el trámite internacional asciende a más de 10 mil. En este país el encargado de este procedimiento es el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (I. M. P. I.). En México existe una clasificación de patentes, la cual se presenta en el anexo 1 y esta sustentando dentro del marco jurídico de la siguiente manera:

- ❖ Ley de la Propiedad Industrial. (D. O. F. 27 de junio de 1991; reformas D. O. F. 2 de agosto de 1994; 26 de diciembre de 1997, 17 de mayo de 1999, 26 de enero de 2004 y 16 de junio de 2005)
- ❖ Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de la Propiedad Industrial. (D. O. F. 25 de enero de 2006)
- ❖ Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial. (D. O. F. 23 de noviembre de 1994; reformas D. O. F. 10 de septiembre de 2002 y 19 de septiembre de 2003)
- ❖ Ley Federal del Derecho de Autor. (D. O. F. 24 de diciembre de 1996; reformas D. O. F. 19 de mayo de 1997 y 23 de julio de 2003)
- ❖ Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor. (D. O. F. 22 de mayo de 1998, reformas D. O. F. 14 de septiembre de 2005)
- ❖ Decreto por el que se crea el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D. O. F. 10 de diciembre de 1993)
- ❖ Convenio de Paris para la Protección de la Propiedad Industrial (Acta de Estocolmo 31 de octubre de 1958). Adoptado el 14 de julio de 1967. Vigente en México desde el 26 de julio de 1976. Este convenio tiene categoría de Ley Suprema²³, fue aprobado por la Cámara de Senadores, publicado en el DOF el 31 de diciembre de 1962.
- ❖ Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT). Adoptado el 19 de junio de 1970, vigente en México desde el 1 de enero de 1995, con modificaciones al artículo 22 del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), modificaciones a la Regla 90bis del Reglamento del PCT, decisiones sobre la entrada en vigor y disposiciones transitorias adoptadas por la Asamblea de la Unión Internacional de Cooperación en materia de Patentes en su trigésima sesión (13a. ordinaria), el 3 de octubre de 2001, en vigor desde el 1 de abril de 2002 (D. O. F. 27 de abril de 2004)

²³ Artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, este artículo le da la categoría de Ley Suprema de la Unión, por lo cual las autoridades competentes están obligadas a acatarlo y en consecuencia a proteger jurídicamente.



Conclusiones

En la selección tecnologías, los términos son usados muy frecuentemente, por lo que con el tiempo cada individuo va teniendo su propio concepto, el cual varia de acuerdo al ámbito en que se encuentre, por lo que resulta útil, la mención de los términos nuevamente, además de que proporciona una unificación de criterios, que es importante, para conocer el concepto actual en el que nos desarrollamos y tener una misma visión de lo que queremos y buscamos.

Durante este proceso es importante plantear las bases teóricas para el desarrollo de cualquier investigación ya que nos permite desde plantear los antecedentes, hasta la respuesta a la necesidad que se pretende, por lo que tener un marco de referencia nos permitirá una óptima resolución de nuestro objetivo.

El problema principal que se presenta en la transferencia de tecnología es cómo el máximo de trabajo puede hacerse en la nación local o receptora de tecnología, cuando éste es un país en desarrollo con pocos ingenieros y técnicos bien calificados.

CAPÍTULO 2

Elementos para la selección de procesos



Para una adecuada selección de procesos y tecnologías de empresas químicas, tomaremos en cuenta primero una evaluación del o los procesos a seleccionar, desde muy diversos puntos de vista, como económicos y financieros, que nos llevan a proponer el mejor o más apto proceso. Por anterior la evaluación juega un papel importante en la metodología para la selección de procesos.

Por lo anterior se establece que evaluación, es el acto o resultado de examinar o juzgar la importancia, cualidad, significado, cantidad, grado o condición de algo. La explicación anterior más que venir a aclarar el concepto produce más dudas, pues una definición así de sencilla apenas hace unas precisiones, pero no delimita completamente el concepto y por ello no muestra el concepto mismo de la evaluación, las razones por las que se necesita y los fines para los que se realiza.

En primera instancia, se parte de reconocer que la evaluación es el proceso mediante el cual se compara y califica para obtener un juicio acerca de una situación encaminada al cumplimiento de ciertos fines y con ello poder hacer una selección aquí se entiende por juicio, al resultado de efectuar una comparación racional y por calificar, el asignar cualidad a un ente o el ordenar mediante un proceso preferencial una serie de cosas, para llegar a la selección.

Al entender que se realiza una comparación y una calificación (evaluación), de hecho se reconoce el problema de la selección, detectándose disfunciones, discrepancias, ventajas y desventajas, elementos necesarios para producir un juicio de algo. En listar y analizar estos



aspectos conlleva a realizar primero una evaluación y luego la selección. Sin embargo, realizar la evaluación-selección de esta manera no responde a ciertas interrogantes como:

- ¿Con qué criterios se compara y se califica?
- ¿Sí el evaluador-seleccionador fuera otro, el juicio sería el mismo?
- ¿A qué obedece la actitud y procedimiento del evaluador-seleccionador?

La evaluación no basta entenderla como la generación de un juicio acerca de algo o como el análisis de las ventajas y desventajas, para llegar al fin de seleccionar. Hay que aclarar la naturaleza del juicio, sus motivaciones y sus propósitos, ya que al emitir un juicio, se brinda la posibilidad de actuar y de cambiar una situación concreta. Por lo que evaluar, representa una gran responsabilidad, ya que con ella podremos seleccionar un adecuado proceso o tecnología.

2.1. Marco teórico de la selección de proceso

La selección es una actividad que realiza un individuo, grupo, organización o comunidad encaminada a la consecución de un fin. Esto que en realidad es una función, tiene como papel brindar las bases para una acertada toma de decisiones y en consecuencia forma parte de un sistema mayor llamado del mismo modo "sistema de toma de decisiones"¹. Este sistema está integrado por tres sub-sistemas básicos de acuerdo con el tiempo disponible que se tenga para tomar la decisión, manteniendo una relación dinámica entre ellos, siendo estos:

¹ *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 80.



- Subsistema de decisiones planeadas
- Subsistema de decisiones operativas
- Subsistemas de decisiones coyunturales

Consecuentemente, la selección no debe ser vista, estudiada o menos practicada como un sistema aislado, sino como parte integrante de los sistemas mayores a los que pertenece, haciendo posible de manera más sencilla, la identificación del papel de la función de selección, el cual responde en mucho a la finalidad de los sistemas que la contiene. De este modo, la selección es un insumo para la toma de decisiones y esta última a su vez, un insumo para la solución de problemas.

Esto no significa que ubicando a la función de selección se de respuesta a su funcionamiento, pero en cambio, si facilita el reconocimiento de las propiedades y funciones emergentes debido a la organización jerárquica del proceso de solución de problemas.

Resulta conveniente integrar los planteamientos anteriores haciendo algunas reflexiones.

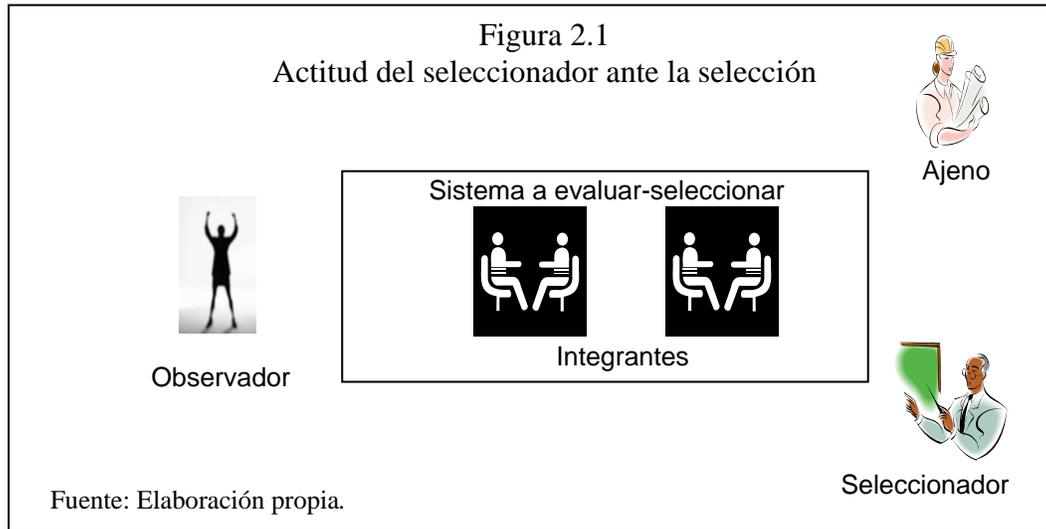
- Tanto los planeadores como los tomadores de decisión tienen supuestas actitudes, objetivos y valores (a los que se agregarían necesidades, intereses, criterios, restricciones y modos particulares de indagación), los cuales acompañaran continuamente a sus diseños y decisiones.
- Por otra parte, las relaciones entre las funciones de un sistema responden a la visión del mundo para las que fue creado.

Por lo anterior, habría que añadir que tanto el que decide (decisor), como el planeador poseen fines por lo general no explícitos "agenda oculta", lo que influye mucho en el desempeño del sistema, dando origen a muchos problemas de decisión y de integración del mismo.



Lo anterior explica en parte cual es el papel de la selección en la toma de decisiones. Sin embargo, una nueva interrogante ahora sería:

¿Y quién selecciona, qué actitud debería adoptar?



Cuando un sistema va a ser objeto de selección deberá considerarse contenido en un sistema mayor, determinándose su finalidad y sus relaciones con otros². Asimismo, el hacer una selección representa un reto para el analista, a pesar de que él no haya diseñado el sistema bajo su análisis, por el sólo hecho de actuar, mantendrá distorsiones similares a las del planeador, por lo que al seleccionar el sistema, deberá hacerlo como:

- Alguien ajeno
- Como parte integrante
- Como observador de él mismo

Lo anterior se muestra esquemáticamente en la figura 2.1.

² Ídem.



Como consecuencia de lo anterior se puede decir que la manera de seleccionar determina la actitud del seleccionador e inversamente, la actitud de quien selecciona determina la manera de seleccionar, produciéndose de esta interacción, la generación de un juicio cuya naturaleza varía en función del modo en que se realiza.

2.1.1. Niveles y sujetos en la evaluación y selección de procesos

Los niveles de evaluación y selección son fácilmente observados pero difícilmente entendidos. Se sabe que:

- El político decide
- El planeador propone
- El analista manipula los proyectos

De acuerdo a esto, se desprende la necesidad de precisar a partir del sistema de toma de decisiones al menos tres niveles de selección, dependiendo del tiempo que se disponga para tomar la decisión:

- *El nivel normativo (político)*, correspondiente al sistema de gestión; en el que se producen selecciones de gran trascendencia y en donde el tomador de decisiones, el político, juega su papel más relevante, en el se diseñan los grandes lineamientos políticos, normas, etc. y se trabaja con agregados de planes y programas.
- *El nivel estratégico (de planeación)*, asociado al sistema de toma de decisiones y en el que las selecciones que se realizan, en su mayoría ya se encuentran orientadas y limitadas por las finalidades globales o de política, manteniendo un papel importante el tomador de decisiones con el apoyo efectivo del planeador, en el redefinen objetivos y se diseñan las estrategias, se producen los planes y los programas.
- El tercer nivel corresponde al *nivel táctico (el analítico)*, vinculado al proceso de planeación-acción y donde el planeador se convierte en el traductor de los grandes propósitos en acciones planeadas y realizables. Este nivel operativo puede en ocasiones estar estrechamente ligado al nivel de planeación, lo que aumenta las posibilidades de éxito en la selección, además en el se trabaja con metas y objetivos definidos, se manejan en ocasiones algunas tácticas. Se convive con el proyecto.



2.1.2. Tipos de evaluación dentro de la selección de procesos

Aquí se aborda sólo el subsistema de decisiones planeadas y no el de decisiones operativas o coyunturales, en las que también se realiza una selección. Esto se debe a que en las decisiones operativas se dispone de tiempo corto y en consecuencia las decisiones tienen escasa trascendencia y para las coyunturales, esto se agudiza, importando para el caso salvar la situación, recurriendo casi siempre a la experiencia.

Las decisiones trascendentes traen consigo un proceso de incubación y la planeación que representa una oportunidad para racionalizarlas y lograrlas.

El subsistema de planeación se integra con tres funciones sustantivas, con las que cumple con su proceso de transformación de acuerdo con la manera en que se concibe; estas son:

- *La formulación del problema*, donde se hace el planteamiento del sistema de problemas, así como la razón de su existencia
- *El diseño de soluciones*, donde se producen las posibles formas de intervención y se realizan los desarrollos requeridos para su implantación
- *El control de resultados*, donde se hacen los ajustes requeridos para asegurar que se cumpla con los propósitos de la planeación

En cada una de estas funciones se ubican precisamente las tres instancias (tipos) de la evaluación:

- Evaluación diagnóstica
- Evaluación "ex-ante"
- Evaluación "ex-post"



Juntas integran el sistema de evaluación de la planeación y cada una de ellas es así mismo un sistema. De este modo, el resultado de la selección se deriva de un proceso de mayor riqueza que la suma exclusiva de sus partes o del desempeño aislado de sus funciones.

Los tres tipos de evaluación son³:

- *Evaluación diagnóstica*, aquella que se realiza para valorar la naturaleza de los problemas actuales o posibles de presentarse
- *Evaluación ex-ante*, es aquella que se efectúa antes de llevar a la ejecución los diferentes diseños de solución, para determinar el grado de factibilidad en el que podrán acercarse a los resultados preferidos
- *Evaluación ex-post*, la que se efectúa durante o al término de la operación, para vigilar el rumbo del sistema hacia los resultados preferidos y detectar los problemas derivados desde la puesta en marcha debido al diseño o a nuevas situaciones

Podría visualizarse otra instancia durante el proceso, la *evaluación concurrente* ("on-going"), cuyo propósito es vigilar el desempeño durante la implantación o transcurso de la operación; sin embargo, en este caso se estaría hablando en realidad de una evaluación "ex-post". Del mismo modo, podría visualizarse otras instancias intermedias. No se desconoce el carácter continuo de las mismas, pero para fines de análisis se piensa que una seriación resulta adecuada a los planteamientos anteriores.

(1) Evaluación diagnóstica

Es la primera instancia de la evaluación, siguiendo un orden lógico en el proceso de solución de problemas y casi se ignora su existencia, se realiza sin darse cuenta de ello o con un alto grado de subjetividad. En esta instancia, en la que se desea conocer el objeto a seleccionar, la actitud del seleccionador es básicamente crítica, comprometida y con una gran capacidad de síntesis.

³ Ídem.



Para identificar la naturaleza de los problemas actuales o posibles de presentarse deberán responderse algunas preguntas como las siguientes:

- ¿Qué es y qué hace el sistema?*
- ¿Qué tan bien o mal está funcionando?*
- ¿A qué expectativas se enfrenta el sistema?*

Básicamente consiste en identificar para cada uno de los elementos del sistema en análisis las fortalezas, las debilidades, las amenazas y las oportunidades. Posteriormente, para cada uno de estos elementos se responderá a las siguientes preguntas:

- ¿Por qué?, ¿Para qué?*
- ¿Dónde?, ¿Quiénes?*

Las funciones básicas de la evaluación diagnóstica estarán orientadas a contrastar, con base en el estado actual, la situación pasada y sus posibles tendencias, con un padrón de referencia y estados deseados, con el propósito de detectar no sólo los desajustes actuales sino los posibles a presentarse.

(2) Evaluación "ex-ante"

Es una instancia conocida pero pocas veces realizable, debido a que pese a la disminución de la subjetividad, se tienen que manejar más los resultados de la evaluación que en la fase diagnóstica, lo cual representa un reto y requiere de un fuerte esfuerzo por parte del seleccionador. En esta instancia, las preguntas necesarias que habrá que responder son:

Tabla 2.1					
Función de la evaluación ex-ante					
		Impactos (I) / Reacciones (R)			
		Económicos	Políticos	Ambientales	Totales
Involucrados	Decisores	I / R	I / R	I / R	I / R
	Usuarios	I / R	I / R	I / R	I / R
	Empleados	I / R	I / R	I / R	I / R
	Sociedad cercana	I / R	I / R	I / R	I / R
	Totales	I / R	I / R	I / R	I / R

Fuente: Fernando Ochoa, *Método de los sistemas*, Reporte D-38, División de estudios de postgrado, Facultad de Ingeniería, U. N. A. M., México, 1982.

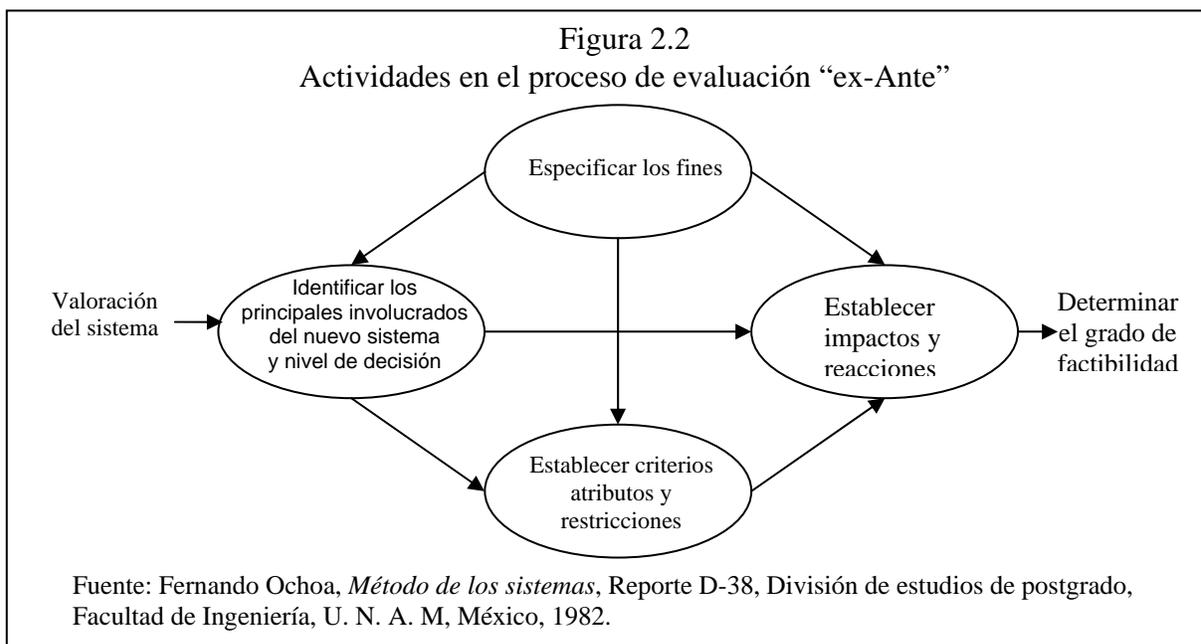
- ¿Cuáles serán los impactos de los diseños sobre los involucrados del sistema y las posibles reacciones de los mismos?*
- ¿Qué tanto se contribuirá a alcanzar los resultados esperados de acuerdo a los criterios establecidos y las restricciones?*



En esta instancia la evaluación adquiere un carácter prospectivo y aumenta en cuanto a su ingrediente creativo, en la identificación de los impactos y reacciones.

Lo anterior se muestra esquemáticamente en la tabla 2.1, la cual consiste de una matriz de impactos y reacciones, sobre la cual tienen que ser diseñadas las formas de medición correspondientes.

Las actividades que normalmente se realizan en un proceso de evaluación "ex- ante" se presentan en forma esquemática en la figura 2.2, de la cual es importante destacar la necesidad de especificar los fines, establecer criterios, atributos y restricciones, así como identificar los impactos y reacciones.



(3) Evaluación "ex-post"

Es la instancia más conocida y por lo tanto la más realizada. Consiste en comparar los resultados de la operación contra los resultados esperados. Esta instancia, aparentemente sencilla, demanda responsabilidad y sentido crítico. En este proceso, las preguntas que deberán responderse al menos son las siguientes:

- ¿Qué tanto se alcanzó el resultado esperado?*
- ¿Cuánto faltó, cuánto se excedió o estuvo correcto?*
- ¿Qué tanto se apartaron de la orientación original?*
 - ¿Fue benéfica, qué tanto?*
 - ¿Fue perjudicial, qué tanto?*
 - ¿Dónde se tuvieron disfunciones?*
 - ¿Cuáles fueron las causas de los desajustes?*



*¿Hubo nuevos impactos o reacciones?
¿Son benéficos o perjudiciales, qué tanto?
¿Siguen siendo válidos los resultados preferidos?*

Una vez contestadas estas preguntas se deben establecer las diferencias; preferentemente en forma cuantitativa e indicar recomendaciones para ajustar, estas desviaciones.

2.1.3. La selección de alternativas tecnológicas a través de la evaluación

En el presente trabajo la selección de procesos y de tecnologías aplicables a dichos procesos, se presentará haciendo una evaluación de los procesos y de sus tecnologías, toda vez que para poder hacer una selección, consideraremos hacer primero una evaluación.

Tomando como base lo anterior y con la ayuda del punto anterior, es conveniente ubicar a la selección de alternativas tecnológicas mediante una evaluación, en cualquier proyecto de inversión. Por lo que es necesario dar respuesta a las siguientes preguntas:

*¿A qué tipo de evaluación corresponde la evaluación-selección de alternativas tecnológicas?
¿Quiénes son los involucrados en el proceso de evaluación-selección de alternativas tecnológicas?*

En relación a la primera pregunta, para el caso práctico que describiremos posteriormente se puede establecer que la evaluación-selección de alternativas tecnológicas corresponde al tipo de evaluación "ex-ante", por lo que de acuerdo a la figura 2.2, es importante lo siguiente:

- Identificar los principales involucrados (actores) del nuevo sistema y nivel de decisión
- Especificar los fines
- Establecer criterios, atributos y restricciones
- Identificar impactos y reacciones
- Determinar el grado de factibilidad



Para identificar a los principales involucrados (a los que en este trabajo se les denominara, como los "actores"), en el nuevo sistema (proyecto) es necesario ubicar que el proceso de selección se encuentra inmerso en uno mayor que corresponde al proceso de la transferencia de tecnología. Los actores presentes en el proceso de *transferencia de tecnología*⁴ son los siguientes⁵:

- Una compañía que busca un cierto nivel de competencia tecnológica, es decir, el receptor de la tecnología, que será denominado como "*el usuario*".
- Un grupo de compañías (con un cierto nivel de competencia tecnológica quienes desean, con o sin ayuda de subcontratistas, transferir al usuario la tecnología que posee. Este grupo será denominado como "*los tecnólogos*".
- Un grupo de expertos, creativos y especialistas en transferencia, conocidos como consultores de transferencia de tecnología. Asociados a este grupo puede existir un grupo de ingenieros especialistas en transferencia de tecnología. Este grupo será denominado como "*el evaluador*".
- Una compañía de ingenieros y técnicos, capaces de planear y realizar una instalación industrial adaptada a las condiciones locales del usuario, normalmente conocida como "*firma de ingeniería*".
- Un equipo de especialistas capaces de tomar la responsabilidad del proyecto industrial. Este equipo normalmente esta inmerso en la compañía del usuario como grupo coordinador.
- Uno o más arrendatarios y/o proveedores de servicios.
- Contratistas constructores.

Otro actor que está presente es la sociedad cercana, la cual en forma directa o indirecta recibirá los impactos de la tecnología que se desee adquirir y que reaccionará consecuentemente. La figura 2.3, muestra todos estos actores, los cuales se entrelazan en el sistema de transferencia de tecnología.

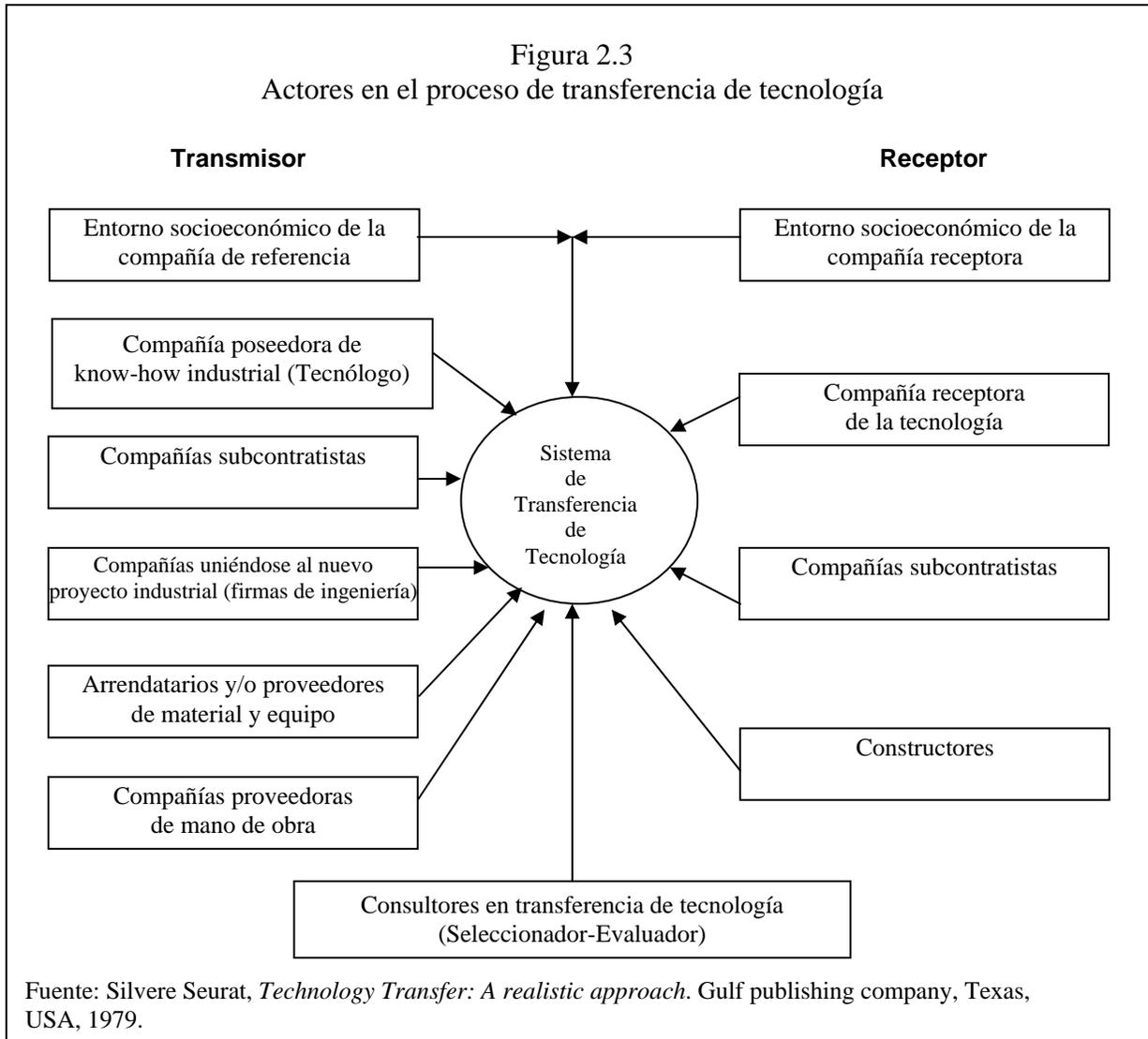
Proponer un modelo de selección que contemple a todos estos actores complicaría más las cosas que la ventaja que esto pudiera tener, además no todos ellos participan en el proceso

⁴ Para mayor información ver la definición de transferencia de tecnología en el Capítulo 1.

⁵ Silvere Seurat, *Technology Transfer: A realistic approach*. Gulf publishing company, Texas, USA, 1979.



de selección propiamente dicho. Por lo se propone usar un modelo de selección de alternativas tecnológicas en donde existen tres actores, siendo estos: "el usuario", "los tecnólogos" y "el evaluador-seleccionador", para que después en el capítulo 3, se describa el modelo propuesto de selección de procesos y sus tecnologías.



En el grupo del "el usuario", se incluye a los accionistas, la alta dirección, gerentes de producción, empleados, obreros, etc., es decir a todos aquellos que forman parte directa o indirectamente de la compañía que desea adquirir la tecnología.



En el grupo de "los tecnólogos" se incluye a todas las firmas que posean la tecnología" que se desea adquirir y que están dispuestas a transferirla.

Y finalmente, en el grupo de "el evaluador-seleccionador" en éste se encuentran a los expertos en transferencia de tecnología que incluye un grupo interdisciplinario de ingenieros, técnicos, licenciados, gestores de tecnología, etc., es decir, todo el personal que tendrá como tarea evaluar-seleccionar las diferentes alternativas tecnológicas y emitir un juicio de preferencia. Este grupo puede estar fuera o dentro de la organización que desea adquirir tecnología; sin embargo, se consideró conveniente establecerlo como un grupo independiente con ciertas funciones específicas.

2.2. Estimación de costos: económicos financieros de la selección de procesos

Un aspecto que tradicionalmente se ha considerado como el más importante en la selección de proyectos es la evaluación económico-financiera (la cual será parte de la metodología propuesta), por lo que es conveniente definir los criterios que giran alrededor de ésta, así como los criterios de rentabilidad financiera que normalmente son utilizados para la definición de la viabilidad de un proyecto y la toma de decisiones. Existe una gran variedad de fuentes de información en esta área; sin embargo, éstas no presentan una distinción clara entre los criterios o conceptos económico-financieros. Por tal motivo, en este trabajo se presentan los conceptos sin hacer énfasis si estos son económicos o financieros, además de que no son el tema de este trabajo y sólo se usan como parte de la evaluación y posterior selección de procesos.



En su concepción básica, la evaluación económico-financiera mide la rentabilidad de un determinado proyecto, para así tomar la decisión sobre la conveniencia de ejecutarlo. Normalmente el proyecto no se evalúa en forma aislada, ya que su análisis tiene que basarse en una comparación con respecto a la utilidad que el capital podría generar al ser invertido en un uso alternativo. Entre los criterios más utilizados en este tipo de evaluación se tienen: flujo de efectivo descontado, valor actual neto, tasa interna de retorno, etc.

Otra aplicación de la evaluación económico-financiera es la de comparar u ordenar diferentes proyectos de inversión en función de su rentabilidad. Se puede tener por ejemplo un grupo de proyectos los cuales han mostrado ser rentables, en estas situaciones, la evaluación económico-financiera nos ayudaría a seleccionar aquellos proyectos que se pueden ejecutar dentro de los límites de capital que está disponible.

Como es de suponerse, la evaluación económico-financiera es uno de los principales aspectos que deben ser considerados en la selección de proyectos y las alternativas tecnológicas en proyectos de inversión. Es por este motivo que a continuación se describen los conceptos más importantes, así como los criterios de rentabilidad comúnmente utilizados.

2.2.1. Valor del dinero a través del tiempo o valor futuro (VF)

Las técnicas principales para evaluar el valor del dinero a través del tiempo utilizan conceptos tales como interés compuesto, interés simple, flujo de efectivo o de fondos, etc.



La palabra interés significa “la renta que se paga por utilizar dinero ajeno o bien, la renta que se gana por invertir dinero”⁶

La diferencia fundamental entre el interés simple y el interés compuesto estriba en el hecho que cuando se utiliza compuesto, los intereses a su vez generan intereses, mientras que cuando se usa interés simple, los intereses son función únicamente del capital original, el número de períodos y la tasa de interés (en la práctica, el interés compuesto es el más utilizado en las evaluaciones financieras)⁷. Las ecuaciones para determinar el interés simple y compuesto se presentan a continuación:

Interés simple:

$$VF = P (1 + nk)$$

Interés compuesto:

$$VF = P (1+k)^n$$

Donde:

P = Valor presente del dinero

k = Tasa de interés del dinero

n = Número de años

VF = Valor futuro del dinero

2.2.2. Flujo de efectivo

El flujo de efectivo se define como la diferencia algebraica de las entradas netas y desembolsos netos que resultan de las entradas y los desembolsos ocurridos en un mismo período de interés.⁸ El flujo de efectivo de cualquier proyecto comprende:

- La salida de efectivo inicial (incluyendo el capital de trabajo)
- Las entradas o salidas netas (ganancia o pérdida neta más intereses, así como los gastos que no se hacen en efectivo, como es la depreciación)
- El momento en que ocurren los flujos de los subsecuentes

⁶ Raúl Coss Bu, *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*, 2ª ed. Limusa, México, 1992, p. 19.

⁷ Ídem.

⁸ Anthony J. Tarquin y Leland T. Blank, *Ingeniería económica*. McGraw-Will, México, 1992, p. 155.



- El valor de rescate del proyecto después del pago de impuestos (incluyendo la liberación del capital de trabajo)
- La fecha de terminación

Hay que distinguir entre los diversos flujos de efectivo asociados con el desembolso original, con las entradas, salidas subsecuentes y con el valor de rescate, porque cada uno se calcula de forma ligeramente distinta. El desembolso original es la salida típicamente más importante. Refleja el dinero que se gasta normalmente para adquirir el activo o iniciar el proceso de inversión.

El valor de rescate representa la entrada de efectivo, después del pago de impuestos, que refleja el dinero que genera la venta del activo. Si la venta genera efectivo en varios períodos, el ingreso se debe reflejar en aquellos en que se reciba realmente.

El flujo neto subsecuente de un proyecto de inversión de capital es el ingreso que genera (entrada bruta) menos todos los gastos en efectivo, excluyendo el interés que se paga por el capital que se obtiene para financiar el proyecto y las deducciones aplicables, ya que los intereses son un gasto deducible de impuestos.

Un flujo neto subsecuente típico serían las ventas netas atribuibles al proyecto, menos todos los gastos en efectivo que no provengan de las operaciones (excluyendo el interés y las deducciones del impuesto que sean aplicables) y menos los gastos en efectivo de operación, como son el costo de artículos que se vendan, los gastos de venta, gastos administrativos y los impuestos que se paguen (excluyendo la depreciación que no es un gasto en efectivo).



Es muy importante notar que en cada año, desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, habrá un flujo neto que quizá varíe de un año a otro y podrá ser positivo (entrada neta) o negativo (salida neta). En todos los proyectos ordinarios habrá una salida neta de efectivo relacionada con la compra inicial e instalación del equipo y con la puesta en marcha del proyecto.

2.2.3. Criterios para la selección mediante una evaluación económico-financiera

Como se ha expuesto desde el principio del trabajo para poder hacer una adecuada selección de los criterios de la sección de procesos y de sus tecnologías, se considerara en una parte del trabajo la evaluación económico-financiera, que se describe a continuación.

Existen reportadas en la literatura varias técnicas para realizar la evaluación económico-financiera, las cuales comparten el concepto del valor del dinero a través del tiempo. Esto es debido a la naturaleza de la situación que se ha de evaluar, que implica muchas acciones que se desarrollaran en diferentes momentos del futuro. Se parte desde las inversiones iniciales, las entradas y salidas derivadas del desempeño durante la vida del proyecto y se consideran los valores de rescate. Todo esto origina el término "flujo de efectivo", que conforma la materia prima en que se basan las técnicas de evaluación, cuyos parámetros de comparación se clasifican de la siguiente manera:

- Técnicas de valor actual:
 - Flujo de efectivo descontado (FED)
 - Valor presente neto (VPN)
 - Relación beneficio/costo (B/C)
 - Valor terminal (VT)



- Técnicas de tasa de rendimiento:
 - Tasa interna de retorno (TIR)
 - Tasa de rendimiento promedio (TRP)

Existe también el criterio denominado período de retorno de la inversión (PRI), el cual no pertenece a ninguna de las dos categorías y tiene una aplicación más limitada.

A partir de los flujos de efectivo se hacen los cálculos correspondientes de los parámetros de comparación, para contrastarlos con los diferentes criterios predefinidos, los cuales pueden ser considerados como reglas o normas que ayudan a juzgar la conveniencia de un proyecto. Si este no está a la altura de la norma, se rechaza. Los criterios de decisión son pautas que se expresan en función de la rentabilidad de la empresa, o de otra medida de valor con la cual se compara la rentabilidad o algún otro aspecto potencial de los proyectos.

Los criterios de decisión que se deben elegir dependen de las circunstancias específicas que rodean al proceso de evaluación del proyecto de inversión. En algunos casos y cuando se trata de cierto tipo de empresas se puede dar preferencia a uno de estos criterios, el cual será el que más fácilmente se adapte al objetivo de la organización; pero ésta puede aplicar más de uno en su proceso de planeación de inversiones con el fin de estudiar los proyectos propuestos desde diferentes ángulos. Una explicación de estos criterios de evaluación se presenta a continuación:

2.2.3.1. Flujo de efectivo descontado (FED) o valor actual (VA)

El criterio de decisión denominado flujo de efectivo descontado (FED), que se llama también con frecuencia método del valor actual (VA), incorpora todos los elementos que componen los criterios del presupuesto de capital en una sola guía consistente, el cual indica si el proyecto propuesto se debe aceptar o rechazar. Se evalúa de acuerdo con la siguiente fórmula:



$$VA = \sum_{i=1}^n \frac{F\$_i}{(1+k)^i} + \frac{S_n}{(1+k)^n}$$

En donde:

VA = Valor actual del proyecto

F\$_i = Flujo de efectivo anual

S = Valor de rescate

k = Costo de los recursos

i = Período evaluado

n = No. de períodos

El procedimiento general en que descansa el FED consiste en comparar el valor actual (VA) con el desembolso inicial (DI); si el VA es mayor o igual al DI, entonces el proyecto propuesto se aceptará; en caso contrario se rechazará. Expresado con símbolos, el criterio de decisión FED queda:

Si VA ≥ DI aceptar
Si VA < DI rechazar

2.2.3.2. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto es una variante del FED. La diferencia radica en que en el VPN se resta el desembolso original del valor actual de las entradas de efectivo futuras, cosa que no ocurre con el FED. Así el VPN = VA - DI. Para calcular el VPN de un proyecto se calcula simplemente el valor actual de las entradas futuras al costo apropiado de capital (de la misma forma como fue explicado anteriormente) y al resultado se resta el desembolso original.

El criterio para aceptar o rechazar un proyecto de acuerdo con el VPN es el siguiente: Acéptese si el VPN del proyecto que se propone es positivo y rechácese si es negativo. Expresado por medio de símbolos es como sigue:

Si VPN ≥ 0 aceptar
Si VPN < 0 rechazar

El método del VPN reduce la decisión a una sola cifra, en vez de las dos (valor actual del FED y desembolso original) que aparecen en el método del FED. Algunos ejecutivos de finanzas lo encuentran más conveniente para informar de su decisión y comunicar el análisis correspondiente; pero de todos modos tienen que hacer la comparación cuando restan el desembolso original del valor actual de los ingresos futuros para encontrar el VPN.



2.2.3.3. Tasa interna de rendimiento (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa de rendimiento como se le llama a veces para abreviar, es la tasa de descuento capaz de igualar la serie de ingresos futuros con el desembolso original. Dicho de otro modo, es aquella tasa de descuento que da al proyecto un VPN de cero. Expresado en símbolo, la TIR vendría a ser r en el denominador de la ecuación siguiente:

$$DI = \frac{F\$_1}{(1+r)^1} + \frac{F\$_2}{(1+r)^2} + \frac{F\$_3}{(1+r)^3} \dots + \frac{F\$_n}{(1+r)^n} + \frac{S}{(1+r)^n}$$

Escrito de forma condensada se tiene:

$$0 = DI - \sum_{i=1}^n \frac{F\$_i}{(1+r)^i} + \frac{S_n}{(1+r)^n}$$

La tasa interna de retorno es "interna" con respecto al proyecto (no se fija externamente), a diferencia de la naturaleza externa del costo dado del capital k , que se usa en el análisis del FED. Esto establece la regla de decisión: acéptese el proyecto propuesto si su TIR es mayor o igual que el costo externo del capital determinado en los mercados financieros. Rechácese si su TIR es menor que el costo externo del capital. Así pues:

Si TIR (r) $\geq k$ aceptar
Si TIR (r) $< k$ rechazar

La TIR es un criterio atractivo para muchas empresas, porque se expresa como porcentaje y se puede comparar fácilmente con el costo del capital en el mercado financiero k , el cual también se expresa así. Además, la separación entre el cálculo de la TIR y el costo del capital ofrece una posición ventajosa desde la cual se puede juzgar el proyecto propuesto a la luz de sus propios méritos, "independientemente" del costo del capital que, puede fluctuar ampliamente, con frecuencia y más allá del control de los inversionistas. Igual que el FED y el VPN, la TIR considera todos los elementos que entran en la evaluación de proyectos de inversión.

2.2.3.4. Beneficio/costo (B/C)

La regla del beneficio/costo, llamada a menudo índice del valor actual, compara a base de razones el valor actual de las entradas de efectivo futuras con el valor actual del desembolso original, dividiendo el primero por el segundo. Su presentación es



algo distinta a la de los métodos FED y VPN, pero se basa en los mismos conceptos. La relación queda de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{VA}{DI}$$

La regla de decisión es: si la razón del beneficio/costo es mayor que 1.0 acéptese el proyecto. Si la razón B/C es menor que 1.0, rechácese. Expresándola por medio de símbolos queda:

Si $B/C \geq 1.0$ aceptar
Si $B/C < 1.0$ rechazar

Igual que el VPN y la TIR, el análisis de B/C se reduce a una sola cifra fácil de comunicar, en la cual se basa la decisión. Además, toma en cuenta todos los elementos de la evaluación de proyectos de inversión y facilita el manejo de las salidas de efectivo que puedan ocurrir entre la futura serie de ingresos.

Si hay otros costos aparte del desembolso original, se deben considerar. La razón B/C toma en cuenta específicamente esos gastos comparando el valor actual de las entradas con el valor actual de todas las salidas, independientemente del período en que ocurran de manera que:

$$B/C = \frac{\text{VA de las entradas de efectivo}}{\text{VA de las salidas de efectivo}}$$

El método B/C separa las salidas de efectivo de las entradas, mientras que con los métodos FED, VPN y TIR los gastos futuros se engloban con los ingresos del mismo período y sólo se incorpora al análisis el resultado neto. El tratamiento por separado permite a veces enfocar mejor la distribución y la naturaleza de los gastos; pero en la mayoría de los casos no se altera la decisión de aceptar o rechazar.

2.2.3.5. Valor terminal (VT)

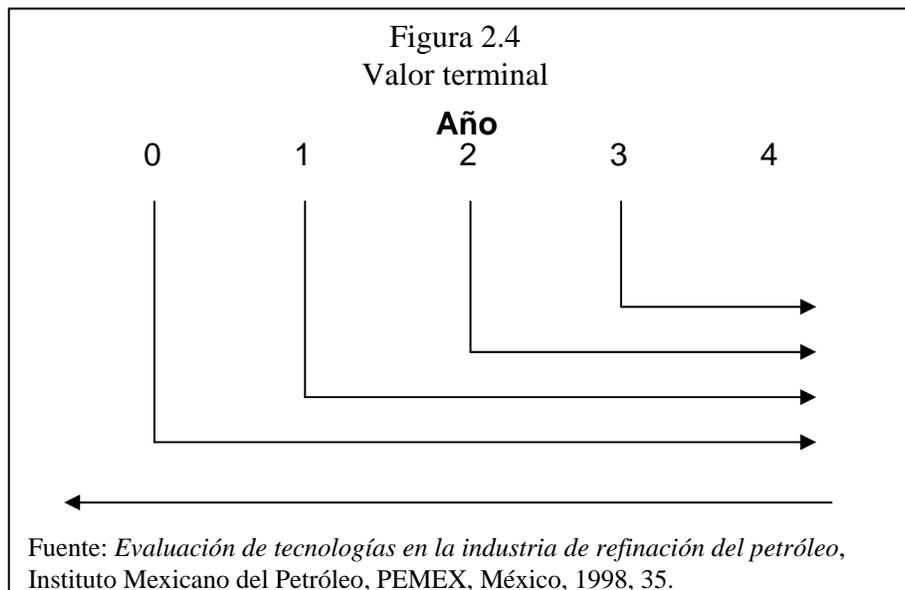
El método del valor terminal separa con más claridad aún la ocurrencia de las entradas y salidas de efectivo. El método VT se basa en la suposición de que cada ingreso se reinvierte en un nuevo activo, desde el momento en que se recibe hasta la terminación del proyecto, a la tasa de rendimiento que prevalezca. Esto indica a donde van los flujos después de recibirse. La suma total de estos ingresos compuestos se descuenta luego de nuevo a la tasa k y se compara con el valor actual de las salidas, que en este caso es el costo original. Esquemáticamente, el método VT, se presenta en la figura 2.4.



Si el valor actual de la suma de los flujos reinvertidos (VAST) es mayor que el valor actual de las salidas (VAOO), el proyecto se debe aceptar y rechazarse si es menor. Expresado en símbolos queda:

Si $VAST \geq VAOO$ aceptar
Si $VAST < VAOO$ rechazar

La ventaja del método VT es que incorpora explícitamente la suposición acerca de como se van a reinvertir los flujos una vez que se reciban y elude cualquier influencia del costo del capital en la serie de flujos. La dificultad radica en definir cuales serán las tasas de rendimiento en el futuro.



2.2.3.6. Tasa de rendimiento promedio (TRP)

La tasa de rendimiento promedio es una forma de expresar con base anual la utilidad neta que se obtiene de la inversión promedio. La idea es encontrar un rendimiento, expresado como porcentaje, que se pueda comparar con el costo del capital. Específicamente, la utilidad promedio anual neta (después de impuestos) atribuible al proyecto propuesto (NI) se divide por la inversión promedio, incluyendo el capital de trabajo necesario. Expresada con símbolos queda:

$$TRP = \frac{NI}{(DI + S) / 2}$$

Donde la inversión promedio es la media aritmética del desembolso original y el valor de rescate, lo cual da aproximadamente el promedio de la inversión. El valor de rescate (S) sirve para representar el valor del proyecto al término de su duración.



Por lo tanto, la inversión promedio es el valor inicial del proyecto (DI) más el valor de rescate (S) divididos entre 2.

La regla de decisión es: Acéptese el proyecto si la TRP es mayor que el costo del capital k y rechácese si es menor. Expresado en símbolos queda:

Si $TRP \geq k$ aceptar
Si $TRP < k$ rechazar

Aunque la TRP pueda ser relativamente fácil de calcular y de comparar con el costo del capital, presenta varios inconvenientes cuando se usa como regla de decisión en la evaluación de proyectos de inversión. En primer lugar, ignora el valor del dinero en el tiempo puesto que no descuenta las entradas y salidas de efectivo futuras. En segundo, no toma en cuenta la componente tiempo de los ingresos, lo cual puede ser muy engañoso. En tercer lugar, se pasa por alto la duración del proyecto. Uno de larga vida puede tener la misma TRP que otro de larga duración. Por último, la TRP no considera la depreciación (reembolso del capital) como parte de las entradas. Esto distorsiona el monto real de los ingresos y da lugar a confusión en el análisis.

2.2.3.7. Período de retorno de la inversión (PRI)

El período de retorno de la inversión o período de recuperación de capital es una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsará el desembolso original de capital. Este período es el número de años (0 meses, 0 semanas) que la empresa tarda en recuperar el desembolso original mediante las entradas de efectivo, sin actualizar, que produce el proyecto y puede expresarse de la siguiente manera:

$$DI = \sum_{i=1}^{PR} F\$_i$$

De acuerdo a este criterio se aceptan los proyectos que ofrecen un período de recuperación inferior a un cierto número de años (N) determinado por la empresa, y se rechazan los que ofrezcan un plazo mayor a este valor. Expresado en símbolos queda:

Si $PR \leq N$ aceptar
Si $PR > N$ rechazar

El método presenta varios inconvenientes. Primero, ignora por completo muchos componentes de las entradas de efectivo. Todas las entradas que exceden el período de recuperación se pasan por alto, lo cual es muy engañoso.



El período de recuperación no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, puesto que no descuenta los ingresos futuros, e ignora así mismo todo lo relativo al costo de capital. A menos que el número de años aceptable esté relacionado directamente con el costo de capital, lo cual no ocurre en la mayoría de los casos, la empresa aceptará proyectos en los que pagará, por costo de capital, más de lo que son capaces de reeditar, sin advertirlo siquiera. El método ignora también el valor de rescate y la duración del proyecto. El proyecto que ofrezca flujos apreciables en la última parte de su vida útil podrá ser rechazado en favor de otro menos rentable que produzca la mayor parte de los flujos en la primera parte.

En el caso de que la empresa atraviese por una crisis de liquidez, el método resulta también adecuado. Una empresa con escaso activo líquido y sin posibilidades de obtener recursos adicionales y que no obstante ello desea examinar proyectos de inversión de capital con la esperanza de mejorar su situación, puede emplear el método como criterio de selección, porque pone énfasis en la pronta recuperación del desembolso original y limita el deterioro de la ya crítica situación de liquidez.

El método puede ser también de alguna utilidad como criterio de decisión cuando la empresa insiste en preferir la utilidad a corto plazo y no los procedimientos "confiables" de planeación a largo plazo. Las ganancias rápidas e inesperadas pueden ser el objetivo de la administración y los períodos de recuperación cortos tienden a propiciarlas. Por otra parte, los accionistas rara vez tienen absoluta confianza en una empresa cuyas ganancias sean obtenidas en un período demasiado corto, ya que estas son consideradas obviamente como temporales.

2.2.3.8. El criterio apropiado de decisión

El criterio del flujo de efectivo descontado (FED) por lo regular, funciona mejor cuando la empresa tiene por objetivo la maximización del patrimonio del accionista y reconoce que el valor actual de la empresa se acrecentará mediante los proyectos cuyo FED exceda a su costo. Este criterio encuentra su mayor aplicación cuando la empresa busca el valor actual absoluto que cada proyecto puede producir. Si se desea que el importe absoluto del proyecto aparezca directamente en el criterio de decisión, se deberá emplear el FED. Este se adapta a aquellas situaciones en que la ordenación de los proyectos según su atractivo no es motivo de preocupación y no es necesario considerar específicamente los desembolsos que siguen a la inversión inicial.

El criterio del valor presente neto (VPN) es el más apropiado cuando el objetivo de la empresa es maximizar el patrimonio del accionista, porque al igual que el FED, da a conocer al monto del valor actual que cada proyecto proporciona. Sin embargo, a diferencia del FED, el VPN se adapta mejor a las empresas que buscan el importe absoluto del valor actual *adicional*. Este criterio resulta particularmente apropiado para las empresas que desean ordenar sus proyectos de acuerdo con lo que pueden



agregar a su valor actual. Ofrece una indicación más clara del valor adicional del proyecto y es la forma más directa de comunicarlo a los demás. Su mejor aplicación es en aquellos casos en que no interesa considerar el neto de entradas y salidas en un período y no se requiere una indicación absoluta del costo de cada proyecto.

El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) relaciona directamente a las empresas con los objetivos de maximización de utilidades, porque compara también directamente el costo con el rendimiento. Es adecuado en particular para las administraciones que aplican el criterio rendimiento-aceptación y es fácilmente comparable con el costo de los recursos que se acostumbra expresarlo en términos de porcentaje. Se puede comparar con facilidad con el costo de recursos derivados externamente y expresados en porcentajes, como las tasas de interés que se pagan por los bonos de la empresa. A veces facilita la comunicación con quienes toman las decisiones. Encuentra su mejor aplicación cuando no hay que preocuparse específicamente por el tamaño absoluto del proyecto ni por los desembolsos que siguen a la inversión original.

El criterio de la relación de beneficio a costo (B/C), es difícil de relacionar directamente con la maximización de utilidades, porque no expresa en forma directa la relación costo/rendimiento ni el valor actual. Este criterio es más adecuado cuando las empresas buscan una indicación relativa del monto de los beneficios que se reciben por cada unidad monetaria de costo. Es asimismo muy adecuado cuando se requiere evaluar el efecto de las salidas de efectivo que siguen al desembolso original y cuando la administración desea ordenar los proyectos según su fango relativo. Usado independientemente, este criterio es muy difícil de relacionar con el costo absoluto de cada proyecto o con el valor actual adicional que proporciona a la empresa.

El criterio de valor terminal (VT), funciona mejor cuando la empresa busca la maximización del patrimonio del accionista. Resulta muy apropiado cuando existe la sospecha de que la tasa de interés a la cual se pueden reinvertir los ingresos que se espera recibir o a la cual tendrán que financiar futuros desembolsos va a ser diferente del costo actual de los recursos. La flexibilidad del criterio basado en el VT, la hace relativamente fácil de ajustar a estos cambios previstos y permite comunicarlos a la administración. Sin embargo, no es adecuado cuando se tiene gran interés en ordenar los proyectos de acuerdo con su rango, porque sólo da el valor actual absoluto de cada proyecto y no el adicional que se obtendrá mediante el VAN.

El criterio del período de recuperación es difícil de relacionar con algún objetivo particular de la empresa; pero es apropiado cuando la empresa da importancia primordial a su liquidez y a la aceleración a corto plazo de sus ingresos. Como este criterio pasa por alto el valor del dinero en el tiempo, la ocurrencia de los flujos de efectivo, la duración del proyecto y el valor de los ingresos que se reciben después del período de recuperación, no es recomendable en muchos casos.



La tasa de rendimiento promedio (TRP) tiene su mejor aplicación cuando la empresa tiene como objetivo la maximización de utilidades; pero no es un criterio muy efectivo. Igual que el período de recuperación, ignora la duración del proyecto, el costo que genera la depreciación, el valor del dinero en el tiempo y la ocurrencia de los flujos. Sólo es conveniente emplear este criterio en aquellas circunstancias especiales en que la empresa busca una utilidad que se aproxime a cierto promedio anual.

El método del período de recuperación (PRI) puede ser aplicable, a pesar de sus inconvenientes, en ciertas circunstancias especiales. Por ejemplo, cuando el panorama a largo plazo, más allá de tres años, es muy incierto, el método puede ser muy útil. En un escenario político o económicamente inestable, el objetivo principal es la rápida recuperación de la inversión y las utilidades subsecuentes constituyen casi una sorpresa inesperada, por lo que bajo este escenario el método puede ser atractivo.

2.3. Métodos para evaluar y seleccionar alternativas tecnológicas

Parte importante dentro de la selección de procesos será la parte de la evaluación por lo que a continuación se describirán algunos métodos de evaluación de alternativas tecnológicas.

Existen reportadas en la literatura abierta un gran número de métodos de evaluación, por lo que se propone clasificarlos en función del uso, es decir, el fin último que se le va a dar al resultado de la evaluación y posterior selección que es el fin de este trabajo. De acuerdo a este criterio los métodos pueden ser clasificados en:

- Métodos para la evaluación de proyectos
- Métodos para la valuación de tecnologías
- Métodos para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión
- Métodos para la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico
- Métodos para la evaluación de tecnologías

Aunque para el presente trabajo sólo se describirán las primeras tres categorías, ya que son las que recaen dentro de la selección de proyectos industriales y no solamente en el área de investigación y desarrollo de tecnologías.



2.3.1. Métodos para la evaluación de proyectos

Los métodos para la evaluación de proyectos tienen como objetivo fundamental, determinar desde el punto de vista económico las ventajas y desventajas de un proyecto. Esta evaluación puede realizarse bajo la óptica del inversionista privado (el cual obviamente buscará la maximización de la rentabilidad económica sobre el capital) o bajo el enfoque de la inversión gubernamental, que puede en determinadas situaciones buscar que la evaluación tome en cuenta el punto de vista social, el ecológico, etc., para que después con dicha información pueda ser sujeta a la selección.

Existen varias referencias que reportan métodos para la evaluación y posterior selección de proyectos, como son las reportadas por Melnick (1965), Giral (1974) y Giral-González (1980), el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES, 1985) y Giral (1994), que a continuación se describirán.

2.3.1.1. El método de Melnick (1965) ⁹

Melnick en 1965, preparó para la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), en el programa de Administración de Asistencia Técnica (AAT) financiado por las Naciones Unidas (ONU), un *manual para la evaluación de proyectos de desarrollo económico*, el cual es considerado por varios expertos como una obra clásica ya que considera los

⁹ Julio M. Melnick, *Manual de proyectos de desarrollo económico*. Naciones Unidas, México, 1965.



elementos fundamentales que deben ser considerados en la evaluación de proyectos, tanto bajo la óptica de organizaciones gubernamentales como privadas.

Se define a un proyecto como un conjunto de actividades que permite estimar las ventajas y desventajas económicas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país para la producción de determinados bienes o servicios. Así mismo, establece que el objetivo básico de todo estudio económico de un proyecto es evaluarlo, es decir, calificarlo y compararlo con otros proyectos, de acuerdo con una determinada escala de valores a fin de establecer un orden de prelación. Esta tarea de evaluación exige precisar lo que en la definición se llama "ventajas y desventajas" de la asignación de recursos a un fin dado. En otras palabras, se debe establecer cuales son los patrones de comparación (aspectos o criterios) que se van a utilizar y como se podrán medir.

Se establece en forma clara que el proceso de evaluación de proyectos consiste, desde el punto de vista de las actividades a realizar, en varias etapas. En la primera se genera la información y en la segunda, se evalúa en forma integral para emitir un juicio.

La etapa de generación de información la conforman diferentes tipos de estudios, entre los que se encuentran:

- Estudio del mercado
- La ingeniería del proyecto
- El tamaño y localización de los proyectos
- Las inversiones en el proyecto
- El presupuesto de ingresos, gastos y la ordenación de los datos básicos para la evaluación
- El financiamiento y la organización



Una vez que estos estudios han sido realizados, se establece que los proyectos pueden ser evaluados con:

- Criterios relativos a la productividad de un sólo recurso
- Criterios relativos a la productividad del complejo de insumos
- Criterios mixtos

(a) Criterios de evaluación relativos a la productividad de un sólo recurso

Estos criterios pueden clasificarse en criterios del empresario privado, y criterios sociales.

a. Criterios del empresario privado

El empresario privado juzga los méritos de un proyecto esencialmente en términos de las utilidades que produciría y ese es, en consecuencia, el rubro del cual le interesa lograr un máximo. Por otra parte, todos los recursos que pondría en juego para obtener estas utilidades los reduce al común denominador de unidades de capital, rubro que le interesa reducir al mínimo compatible con los requisitos del proyecto. *El criterio básico de la evaluación para el empresario privado es, pues, obtener el máximo de utilidades por unidad de capital empleado en el proyecto.* A esta relación se llama "rentabilidad del proyecto" y suele expresarse como el porcentaje que representan las utilidades anuales respecto al capital empleado para obtenerlas.

El empresario, naturalmente, no es indiferente a aspectos de proyecto tales como incertidumbre respecto al mercado, obtención de mano de obra apropiada, facilidades crediticias, localización, complejidades técnicas (tecnología) y riesgos en general. Tales aspectos se consideran para la decisión pero, en última instancia, el patrón básico de comparación será la rentabilidad. Como se puede observar, el criterio de evaluación del empresario privado.

Corresponde a lo que actualmente se le llama "evaluación de proyectos de inversión", en donde existen diferentes criterios de rentabilidad que pueden ser utilizados para la evaluación de proyectos, entre los que se pueden citar: flujo de efectivo descontado, valor actual neto, relación beneficio/costo, tasa interna de retorno, etc.

b. Criterios sociales de evaluación relativos a la productividad de un sólo factor

Existen diferentes criterios sociales que tratan de optimizar la productividad de un sólo factor, entre estos se cita a los siguientes:



- La relación producto-capital
- La intensidad de capital
- Ocupación por unidad de capital
- Productividad de la mano de obra
- La productividad marginal social del capital y su contribución al ingreso nacional
- El factor divisas

Este tipo de criterios son normalmente utilizados en la evaluación de proyectos por parte de organizaciones gubernamentales. La definición de estos criterios se presenta en el anexo 2, criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor.

(b) Criterios de evaluación relativos a la productividad del complejo de insumos

En este grupo se encuentran el criterio beneficio/costo y el criterio valor agregado en estos criterios el orden de prioridad se obtiene según la cuantía de coeficientes que miden la productividad de insumos.¹⁰ Dado el nivel macroeconómico de estos criterios, no se presenta en una descripción detallada de los mismos, ya que no es el interés del presente trabajo

(c) Criterios de evaluación mixtos

Hay dos metodologías que utilizan criterios mixtos para la evaluación de proyectos, la propuesta por el Stanford Research Institute (SRI)¹¹ y la de Bohr¹². De estas metodologías la propuesta por el SRI es interesante en cuanto a los aspectos que toma en cuenta en la evaluación, así como la forma como asigna calificación a cada uno de ellas. Por este motivo dicha metodología se describe a continuación.

La metodología propuesta por el SRI fue desarrollada para seleccionar alternativas de proyectos industriales, en donde se propone hacer la selección en dos etapas; de las cuales la primera consiste en elegir las "industrias posibles" y la segunda en calificar dichas posibilidades según ciertos aspectos específicos.

La primera etapa de la selección de proyectos se subdivide en otras tres: una consiste en estudiar la demanda, otra en estudiar la disponibilidad de los insumos o recursos necesarios y otra más en preparar una lista de industrias manufactureras para elegir aquellas cuyas características concuerden mejor con los antecedentes

¹⁰ Ídem.

¹¹ Stanford Research Institute, *Manual of industrial development with special application to Latin America*. Institute of inter-American Affairs, USA, 1954.

¹² K. A. Bohr, "Investment criteria for manufacturing industries in underdeveloped countries", *The review of economics and statistics*, 36, 1954, núm. 2, may, 157-166.



sobre demanda e insumos obtenidos anteriormente. En ésta se considera a las economías de escala en función del tamaño del mercado y los factores de localización.

El propósito de la segunda etapa de selección es alcanzar un orden de preferencia entre las industrias posibles, las que se someten a una serie de pruebas, que implican estudiar de nuevo y más concienzudamente la situación de la demanda y los insumos de la región en relación con la industria. Por último, los resultados de las diversas pruebas se combinan para obtener una calificación general que permita establecer una lista encabezada por las industrias que se consideran de mayor prioridad en el área. Conviene recordar que se trata de un criterio propuesto sólo para proyectos industriales en el que, por hipótesis, se consideran resueltos los problemas relativos a la provisión de servicios básicos (energía eléctrica, transportes y otros).

La metodología se basa en proponer 6 criterios parciales a los que el SRI les llama pruebas, siendo estas las siguientes:

- ❖ Prueba de rentabilidad neta
- ❖ Prueba de desarrollo integrado
- ❖ Prueba de estabilidad y crecimiento
- ❖ Prueba de los efectos sobre la balanza de pagos
- ❖ Prueba de las relaciones socioeconómicas
- ❖ Prueba de “experiencia y competencia”

A continuación se describen estas pruebas

- ❖ Pruebas de rentabilidad neta

De acuerdo con esta prueba, se trata de medir la relación entre la producción industrial y los insumos que ella requiere, tanto desde el punto de vista del empresario individual como desde el punto de vista social. En lo referente al empresario se trata en esencia de preparar un balance estimado y de calcular la rentabilidad con respecto al capital propio.

Para considerar el punto de vista social se modifican las cifras del balance mediante la valoración social de los rubros (supresión de tarifas, impuestos, subsidios y consideración de costos de oportunidad). De esta forma se obtiene otra cifra de ingreso neto, que se dividiría por el capital total.

- ❖ Prueba del desarrollo integrado

Esta prueba se refiere esencialmente al análisis de la nueva industria desde el punto de vista de su integración en el complejo económico, del cual pasará a formar parte (por ejemplo, su relación con otras industrias o con programas de desarrollo



sectorial, local o nacional). Este análisis también considera la influencia que la nueva industria puede tener en la productividad de otras o de otros sectores de la economía (por ejemplo, formación del personal, mejoramiento en la comercialización y transportes, facilidades financieras, etc.). Se advierte que no se trata de cifrar estos factores, sino de tenerlos presentes en la calificación final.

❖ Prueba de estabilidad y crecimiento

Esta prueba se refiere a la susceptibilidad de la industria de que se trata con respecto a variaciones estacionales, contingencias interaccionales, ciclos económicos y alteraciones de otros índices que reflejan actividad económica. Comprende asimismo la flexibilidad de la industria en cuanto a la posibilidad de transformarla, en caso de emergencia, en productos de bienes diferentes de los que prevé el proyecto.

Dentro de esta misma prueba se incluye también la consideración de las expectativas de crecimiento de la industria. Se examina para ello la forma en que se afectaría al desarrollo de la empresa en cuestión, los probables programas de desarrollo, las innovaciones técnicas, los cambios en las preferencias de los consumidores, la redistribución del ingreso nacional o factores similares.

❖ Prueba de los efectos sobre la balanza de pagos

En esta prueba se consideran los factores positivos y negativos de la evaluación en términos de divisas. Entre los efectos positivos posibles se consideran el aumento de exportaciones, las facilidades para permitir el aumento de las exportaciones de otras industrias, la menor importación por sustitución con producción nacional, la posible atracción de capitales extranjeros para financiar el proyecto, etc.

Entre los efectos negativos figuran las importaciones correspondientes al componente en moneda extranjera de la inversión, la necesidad de importar bienes o servicios para la operación del proyecto, la disminución de exportaciones por el empleo de los recursos en la industria local, el aumento de las importaciones debido al efecto combinado del incremento de los ingresos y la propensión a importar, el servicio de los capitales extranjeros invertidos, etc.

❖ Prueba de las relaciones socioeconómicas

En esta prueba se consideran algunas relaciones socioeconómicas que influyen en el mérito de lo que una industria es capaz de ofrecer a la comunidad que la rodea. Por comunidad que la rodea se puede entender desde la periferia local hasta la comunidad de naciones, según el caso. El tipo de cuestiones a abordar abarca los problemas de relaciones humanas que suelen caracterizar en una u otra forma a las diversas industrias, la relación del proyecto con la descentralización geográfica de la



producción, las implicaciones internacionales de atender la demanda insatisfecha o aumentar la oferta de tal o cual bien y otras así.

❖ Prueba de “experiencia competencia”

Se refiere a la observación de los resultados que el mismo tipo de industria ha producido en otras áreas o localidades en que las condiciones no eran muy distintas de aquella para la cual se proyecta la empresa. Las preguntas que se formulan al respecto son:

- ¿La industria ha prosperado, ha fracasado o simplemente ha vegetado en otras zonas?*
- ¿Ha contribuido al desarrollo económico en cuanto a producción, progreso social y estimulado la creación de nuevas industrias?*
- ¿Ha podido soportar con éxito la competencia después de un período razonable de maduración o ha necesitado protección durante largo tiempo?*

Realizado el análisis que implica las seis pruebas anteriores, se plantea el problema de presentar sus resultados en alguna forma que permita establecer un orden de prelación entre las industrias estudiadas. Como resulta imposible ofrecer fórmulas para resolver este problema o de someterlo a cálculos precisos, el SRI no sugiere un sistema de selección automática e infalible, sino un procedimiento racional para ayudar a formar un juicio.

Las pruebas que suponen una determinación cuantitativa difícil, si no imposible, se califican de 1 a 5 a juicio del evaluador, empleando signos en vez de números para no dar la impresión de que se trata de una medición precisa. Los signos propuestos por el SRI son los siguientes:

- = equivale a 1
- x equivale a 3
- equivale a 2
- equivale a 4
- { $\frac{X}{X}$ } equivale a 5

Bajo este esquema, los proyectos en los que aparezcan { $\frac{X}{X}$ } más o "x" son aquéllos que serán seleccionados.



El SRI establece la posibilidad de que las pruebas parciales no tengan la misma importancia; sin embargo, no sugieren que se intente una ponderación aritmética, sino alguna otra de tipo más bien subjetivo (por ejemplo, colocar signos + y - en función de la importancia de la prueba).

Este tipo de evaluación puede ser utilizada como método de eliminación simple o como la técnica matricial de evaluación, aunque el método no recomienda utilizar factores de peso (ponderaciones) en los aspectos considerados da calificaciones mediante símbolos. La metodología propuesta presentará las pautas para ponderar y calificar mediante números.

2.3.1.2. El método de Giral (1974) y Giral-González (1980)¹³

En este trabajo se utiliza una adaptación del trabajo presentado por Giral en 1974¹⁴, donde se propone que la evaluación de proyectos en las etapas iniciales sea mediante comparaciones en forma de proporciones o porcentajes. Esto lo justifican al considerar que en las etapas iniciales de los proyectos la información con la que se cuenta es mínima y su exactitud no es muy confiable.

En términos generales, en la evaluación de proyectos lo ideal es lograr un máximo de selectividad con un mínimo de información y exactitud, ya que obtener información cuesta dinero, sobre todo si se busca una gran exactitud.

¹³ José Giral Barnes y Sergio González, *Tecnología apropiada: Selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias química y metalmecánica*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980.

¹⁴ José Giral Barnes, *Manual para desarrollo, transferencia y adaptación de tecnología química apropiada*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1974.



En las etapas iniciales, cuando los números son todavía poco exactos, conviene tener presente que es más representativa una comparación en forma de proporción, porcentaje o fracción que en forma de diferencia. Caso típico de ello son las utilidades, que suelen expresarse como la diferencia entre las ventas y el costo de lo vendido, cuando cualquiera de estas dos cantidades (ventas y costos), en una etapa inicial, puede tener un error de magnitud absoluta mayor que todas las utilidades. Por lo tanto, en una etapa inicial se recomienda utilizar conceptos como los siguientes:

Margen de utilidad (MU)

$$MU = \frac{\text{Utilidades}}{\text{Ventas}}$$

Índice de rotación de capital (IRC)

$$IRC = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión total}}$$

Costo de ingredientes (CI)

$$CI = \frac{\text{Materias primas + empaque}}{\text{Ventas}}$$

Índice de utilización de capacidad (IUC)

$$IUC = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad}}$$

Índice de liquidez (IL)

$$IL = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Inversión total}}$$

Rentabilidad sobre la inversión (RSI)

$$RSI = \frac{\text{Utilidades}}{\text{Inversión total}} = MU \times IRC$$



Overhead (OH)

$$OH = \frac{\text{Gastos de administración}}{\text{Ventas}}$$

Costo, excluidos los ingredientes (CEX)

$$CEX = \text{Costo total} - CI$$

En la evaluación de proyectos en donde el objetivo sea una selección racional de tecnologías que considere la planeación industrial a nivel nacional, se propone la utilización de lo que se define como "criterios de plausibilidad", en vista de que los proyectos seleccionados con estos criterios consideran el interés social para la nación, para diferenciarlos de los "criterios de factibilidad" que funcionan desde el punto de vista estrictamente económico. Estos criterios se clasifican en cuatro grandes grupos:

- De mercado
- Macroeconómicos
- Financieros
- Tecnológicos

Para cada criterio los autores mencionados establecen los "sub-aspectos" que deben ser considerados para la evaluación. Estos se presentan en la tabla 2.2. Debido a que varios de estos "sub aspectos" son de apreciación subjetiva, se propone que se fije de antemano una escala de calificación, la cual puede ser: de 1,2 y 3; de 0 a 10; o de -2 a +2. Esta forma de evaluación corresponde a la técnica matricial en donde la selección del proyecto será aquella que contenga la mayor calificación.



Tabla 2.2
Lista de criterios de plausibilidad

Criterio	Valor máximo	Calificación	Nivel de satisfacción cubierto por el rango de calificación
1.- Criterios de mercado			
Substitución de importaciones	2	2	>10 (Valor en millones de pesos/año)
		1	5 a 10
		0	1 a 5
		-1	.5 a 1
		-2	< 0.5
Desarrollo de una nueva demanda del mercado o satisfacción de una necesidad social	2	2	>10 (Valor en millones de pesos/año)
		1	5 a 10
		0	1 a 5
		-1	.5 a 1
		-2	< 0.5
Empleos	2	2	Creación de >500 empleos
		1	Creación de 100 a 500 empleos
		0	Creación de 50 a 100 empleos
		-1	Creación de 20 a 50 empleos
		-2	Creación de <20 empleos
Potencial de exportaciones	2	2	>10 (Valor en millones de pesos/año.)
		1	5 a 10
		0	1 a 5
		-1	.5 a 1
		-2	< 0.5
Elasticidad de la demanda	1	1	>2:1
		0	1:1 a 2:1
		-1	Inelástica
2.- Criterios económicos			
Efecto multiplicador del monto de la inversión	2	2	>4:1
		1	3:1
		0	2:1
		-1	1:1
		-2	<1:1
Contenido nacional de la inversión	2	2	100%
		1	80-100%
		0	50-80%
		-1	30-50%
		-2	<30%
Contenido nacional de los insumos de producción	2	2	100%
		1	80-100%
		0	50-80%
		-1	30-50%
		-2	<30%
Valor agregado (en función del costo de materias primas como porcentaje del precio de venta)	2	2	<20%
		1	20-30%
		0	30-40%
		-1	40-50%
		-2	>50%



Capítulo 2.- Elementos para la selección de procesos

3.-Criterios del proyecto			
Necesidad de este proyecto como una parte racional en el plan integral de desarrollo para la industria	2	2	(Valores Subjetivos)
		1	
		0	
		-1	
		-2	
Índice de rotación del capital	2	2	>2
		1	1 a 2
		0	.08 a 1
		-1	0.6 a 0.8
		-2	<0.6
Índice de liquidez (relación de capital de trabajo a inversión fija)	2	2	>2
		1	1 a 2
		0	.08 a 1
		-1	0.6 a 0.8
		-2	<0.5
Flexibilidad del costeo incremental (costo variable directo como porcentaje del precio)	2	2	<10%
		1	10-30%
		0	30-50%
		-1	50-70%
		-2	>70%
4.-Criterios de proceso			
Uso de la capacidad en el 3er. año de operaciones	2	2	60 70%
		1	40 a 60%
		0	30 a 40%
		-1	>70%
		-2	<30%
Posición del costo de las materias primas (costo local vs. costo internacional)	2	2	<1
		1	1 a 1.3
		0	1.3 a 1.5
		-1	1.50 a 2%
		-2	>2
Estado físico de los materiales manejados	2	2	Sólido
		1	Sólido – líquido
		0	Líquido.
		-1	Líquido – gas.
		-2	Gas.
Número de fases	2	2	3 o más.
		0	2
		-2	1
Costo de las unidades adicionales de capacidad en una expansión de 50% más (con base en el costo de una unidad original de capacidad = 1)	2	2	<0.3
		1	0.3 a 0.5
		0	0.5 a 0.8
		-1	0.8 a 1
		-2	>1
Contaminación	2	2	Valores subjetivos (Industria limpia)
		1	
		0	
		-1	
		-2	



5.-Criterios de especificaciones mínimas adecuadas			
Calidad mínima adecuada	2	2	Valores subjetivos
		1	
		0	
		-1	
		-2	
Diseño mínimo adecuado	2	2	Valores subjetivos
		1	
		0	
		-1	
		-2	

Fuente: José Giral Barnes, *Manual para desarrollo, transferencia y adaptación de tecnología química apropiada*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1974, p. 12.

En la tabla 2.3, se hace una adaptación del trabajo presentado en 1974, con términos renovados y en donde no se hace una ponderación y valoración de los factores a considerar, lo que hace necesario que cada evaluador de sus propios rangos. En la tabla 2.4, se presenta una lista simplificada de criterios de plausibilidad que el sector químico de México utiliza para evaluar proyectos.

Consideraciones ecológicas

Cuando seleccionamos la tecnología básica es importante tomar en cuenta también las implicaciones ecológicas. Si conocemos ya la experiencia de los países industriales al crear una industria que no se puede aceptar por los daños que causa a la ecología y hemos sufrido también el mismo problema en las áreas industrializadas de los países en desarrollo, es tiempo de poner un freno y evitar cometer los mismos errores una y otra vez.

Evitar la contaminación que produce una tecnología existente puede significar de 20 a 50% del costo total del proyecto, mientras que la selección de una tecnología con menor nivel de contaminación puede reducir sustancialmente el precio de una industria limpia.



Tabla 2.3
Criterios de plausibilidad para la evaluación de proyectos

1.-Criterios de mercado	
a.-	Sustitución de importaciones
b.-	Demanda nueva
c.-	Exportación
d.-	Elasticidad de la demanda
2.- Criterios macroeconómicos	
a.-	Beneficios regionales (descentralización distribución del ingreso, uso de materias primas, etc.)
b.-	Generación de actividad económica
c.-	Competencia similar o equivalente (duplicación de inversiones)
d.-	Integración de proyectos a los planes nacionales (de desarrollo, tecnológicos, etc.)
e.-	Generación de empleos
3.- Criterios financieros	
a.-	Inversión (tipo, origen, composición, magnitud)
b.-	Insumos nacionales y valor agregado
c.-	Rotación de capital (venta/inversión total)
d.-	Liquidez (capital de trabajo/inversión fija)
e.-	Costeo incremental.
4.- Criterios tecnológicos	
a.-	Disponibilidad de la tecnología (Nacional o extranjera, número de licenciadores, alternativas existentes, antigüedad de las patentes, etc.)
b.-	Sensibilidad a la escala y relación de capacidades.
c.-	Características intrínsecas de la tecnología (potencial de la adaptación, de asimilación, dependencia futura, grado de sofisticación, etc.)
d.-	Impacto ecológico de la tecnología (contaminación, manejo de materiales tóxicos, carcinógenos o peligrosos, aspectos eco-sociales, etc.)
Fuente: José Giral Barnes y Sergio González, <i>Tecnología apropiada: Selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias química y metalmecánica</i> , 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980, p 27.	

Algunos criterios que consideran el problema de la contaminación pueden incorporarse al mecanismo global de desarrollo de una tecnología apropiada. Sabemos, por ejemplo, que cualquier proceso que implique un consumo elevado de energía térmica creará normalmente, un problema de contaminación del aire, debido a los gases de combustión y un problema de contaminación térmica del agua si el proceso exige la eliminación de esa energía térmica.

El problema de la contaminación química implica el estudio de cada caso en particular, aunque generalmente los contaminantes gaseosos y líquidos son más difíciles de manejar que los contaminantes sólidos.



Tabla 2.4
Tabla de ponderación para tecnología apropiada

Criterio	Valor relativo	Calificación por criterio	Nivel de satisfacción cubierto por el rango de calificación
Creación de empleos	25	0 a 25	De 1 10 empleos por millón invertido.
Integración nacional	15	0 a 15	De 0 a 100% sobre costo directo.
Polos de desarrollo	10	0 a 25	De zona 1 a zona 3
Grado de mexicanización	10	0 a 10	De 0 a 100% mexicana.
Precios adecuados	20	0 a 20	De 30% mayor a 20% menor sobre precio de origen.
Balanza de divisas	20	0 a 20	De 0.1 a 2 del valor del cociente export. /import.
Exportaciones ¹⁵	(20)	0 a 20	De 0 a 50 % de valor de export. sobre producción.
Total	100 %		

Fuente: José Giral Barnes y Sergio González, *Tecnología apropiada: Selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias química y metalmeccánica*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980, p 28.

2.3.1.3. El método del Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social¹⁶

El Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES) en 1985, propone una guía que sugiere fórmulas de presentación de proyectos para facilitar el examen de los estudios parciales a luz de un enfoque global, necesario para justificar las ventajas y desventajas, económicas y sociales de poner en marcha la idea original en comparación con otros proyectos que compiten por el uso de los mismos recursos. La guía trata más *de la forma de presentar* los resultados de los estudios de preparación de proyectos *que del modo como realizarlos*. En ella no se dan normas de trabajo para cada una de las etapas de un proyecto, lo que propone es una orientación más uniforme para presentar los resultados que se hayan obtenido, a través de todas las etapas anteriores, al llegar al anteproyecto definitivo o estudio de factibilidad. Tomando esto en cuenta, el

¹⁵ Este criterio se utiliza en lugar del de balanza de divisas, cuando en el programa analizado la integración nacional es de 100%.

¹⁶ Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, *Guía para la presentación de proyectos*. Siglo XXI editores, México, 1985.



(ILPES) propone una lista de comprobación y control del contenido de un proyecto, la cual se presenta en el anexo 3.

Los principales aspectos bajo los cuales se estudia un proyecto se refieren a los problemas *técnicos, económicos, financieros-administrativos e institucionales*, que pueden plantearse con distinta prioridad en cada estudio parcial que lo compone. Estos estudios parciales corresponden a análisis, presentados separadamente -aunque realizados en *constante coordinación y con reciprocidad de información*-. Según el anexo 3, el (ILPES) sugiere que los estudios se clasifiquen en:

- Estudios de mercado
- Estudio técnico
- Estudio financiero
- Evaluación económica
- Plan de ejecución

Además sugiere que estos sean presentados en forma independiente como capítulos del documento del proyecto.

En cada estudio parcial los cinco aspectos (*técnicos, económicos, financieros, administrativos e institucionales*) bajo los cuales deben analizarse los proyectos, tienen una importancia relativa diferente y característica y son interdependientes. Aunque el (ILPES) no sugiere una forma de ponderar la importancia relativa de cada uno de estos aspectos, si establece una definición de ellos, la cual sirve como marco normativo para el evaluador en la aplicación de los criterios que este juzgue conveniente aplicar en función de proyecto que esté analizando. La definición de estos aspectos se presenta a continuación:



(a) Aspectos técnicos

Los aspectos técnicos de un proyecto se pueden sintetizar en tres interrogantes:

¿Cómo se hacen las cosas?

¿Con qué se hacen?

¿Qué resulta?

La primera cuestión plantea problemas del proceso técnico, la segunda de requisitos técnicos y la tercera de rendimientos técnicos.

Cuando se analizan los aspectos técnicos de un proyecto, los problemas de proceso *¿cómo se hacen las cosas?*, se relacionan con cuestiones internas y externas del proyecto. Internamente, interesa asegurar la adecuación máxima del proceso a los objetivos propios del proyecto; externamente, es importante que el proceso sea conveniente a la economía como un todo, desde el punto de vista de los factores que emplea y de los productos y efectos que proporciona. En todos los casos, el proyecto debe presentar una descripción resumida del proceso técnico y resolver los problemas que plantea la utilización de la tecnología seleccionada, usando diagramas y gráficas que aseguren la comprensión exacta de su dinámica propia, de las diversas operaciones unitarias que lo componen, de su secuencia y de sus conexiones.

Los problemas de requisitos técnicos *¿con qué se hacen?*, se refieren a la existencia y a la disponibilidad de todos los elementos cuya movilización y utilización son indispensables para que el proyecto se realice. Estos requisitos pueden ser de tipo material (insumos físicos, por ejemplo), de tipo institucional (legislación técnica específica). Además, hay que demostrar que el proyecto podrá disponer de ellos oportuna y adecuadamente en cada una de sus fases. Estos requisitos técnicos deben especificarse y cuantificarse en cada proyecto.

Los problemas de rendimiento técnico *¿qué resulta?* se refieren en general a la relación entre insumos, productos y a la medida de la productividad de los factores empleados. En el proyecto deben figurar todos los coeficientes que permitan evaluar las necesidades de insumos por unidad del producto que se espera obtener con el proyecto. La naturaleza de estos elementos y el tipo de coeficientes adecuados dependen en mucho del tipo de proyectos en estudio.

(b) Aspectos económicos

El análisis económico del proyecto debe ser esencialmente cuantitativo, partiendo de los elementos que aportan los análisis técnico y financiero. El aspecto económico de un proyecto incluye una dimensión microeconómica y otra macroeconómica. El primer enfoque se relaciona con el análisis interno del proyecto, con la empresa que lo realizará, operará y con su viabilidad y rentabilidad en el contexto de esta empresa. El segundo enfoque concierne al análisis externo del proyecto, frente a la



economía en que habrá de insertarse como una nueva unidad de producción o como la ampliación de una unidad existente, autónoma o integrada en un sistema. La evaluación económica del proyecto se hace para demostrar que es rentable y que la productividad económica en el empleo de los factores utilizados se considera satisfactoria, ya sea según criterios económicos de la empresa o según los criterios de política económica o social adoptados por las autoridades públicas que aprobaran el proyecto.

(c) Aspectos financieros

Las alternativas de solución elegidas para cada uno de los demás aspectos citados anteriormente establecen condiciones y limitaciones a la solución de los problemas financieros. Las más comunes se refieren a decisiones sobre el origen de los recursos financieros que es preciso movilizar y sobre las condiciones en que habría que remunerar el capital utilizado, lo que implica disponer de recursos monetarios propios o de crédito.

En la evaluación del proyecto, dos enfoques se complementan en cuanto al aspecto financiero: uno que muestra los recursos financieros disponibles y otro que indica la conveniencia, para el proyecto, de las condiciones en que esta disponibilidad puede asegurarse, es decir, que demuestra la viabilidad del proyecto en esas condiciones. El examen de los aspectos financieros debe completarse con un análisis de la sensibilidad de los parámetros principales del proyecto a variaciones en las hipótesis que sirvieron de base a su cálculo.

Por otro lado, los problemas de financiamiento comprenden la formación de ahorros en el sistema económico, su captación y canalización para los proyectos. Esto lleva a clasificar las fuentes de financiamiento en externas e internas con respecto al proyecto, a elegir entre estos dos tipos de fuente y a decidir la proporción en que se utilizaran. Los resultados de todo el análisis financiero se consolidan y exponen en forma sinóptica en un cuadro de fuentes, usos de fondos y en el análisis de sensibilidad financiera.

(d) Aspectos administrativos

En todo proyecto existe la posibilidad de elegir entre varias alternativas de organización y administración. Conviene distinguir dos etapas sucesivas en la consideración de este aspecto: el período de ejecución y el período de vida útil del proyecto (operación de las plantas cuando ya están construidas). Además, en la presentación de un proyecto, tanto del sector público como del sector privado, deben considerarse las relaciones del mismo -durante su preparación, ejecución y funcionamiento- con órganos de la administración pública del país o de la región.

Los aspectos administrativos incluyen una dimensión legal o jurídica y otra estrictamente funcional o técnica. Por un lado, la organización destinada a realizar o



a operar el proyecto debe atender las exigencias resultantes del aparato jurídico-legal del país que la condicionan, a veces en forma muy estricta y por otro lado, está sujeta a reglas que resultan de la técnica de administración. Estos aspectos deben analizarse para definir y justificar la organización que se propone para administrarlo, exponiendo los criterios que hayan determinado su elección y su repercusión sobre los demás aspectos del proyecto.

(e) Aspectos institucionales

Las condiciones institucionales prevalecientes configuran la elaboración y ejecución del proyecto, según su naturaleza e importancia. Este condicionamiento, más directo en los proyectos del sector público, también rige para los del sector privado. Una parte de los aspectos que se analizan en relación con el marco institucional se presenta en la forma de factores condicionantes, que se estudian como problemas administrativos del proyecto. Otra parte puede considerarse específicamente institucional, por constituir un sistema de referencia externo con respecto al proyecto y hasta cierto punto inamovible. En él se incluyen la legislación pertinente, elementos de política general y de política económica y otros datos de carácter social que también pueden condicionar el proyecto.

El conjunto de problemas que se plantean en este aspecto afecta a distintos elementos de decisión. Entre ellos pueden citarse la obtención de diversos insumos físicos, la posibilidad de seleccionar las técnicas que se emplearan, las oportunidades de comercialización y el aprovechamiento de economías externas. Estos elementos pueden limitar la viabilidad de la inversión. Los aspectos institucionales que pueden interferir en la concepción del proyecto, de estas o de otras formas, deben analizarse en sus efectos sobre cada materia tratada en sus estudios parciales.

2.3.1.4. El método de Giral (1994)¹⁷

Esta evaluación propone una evaluación de proyectos bajo la base que la autorización de inversiones en una empresa del sector privado es determinada por un comité ejecutivo. Este comité ejecutivo requiere de un formato que contenga la información más relevante que permita evaluar al proyecto, por lo que se propone un formato base de 5 cuartillas. El formato está integrado por 5 secciones:

¹⁷ José Giral, *Documento interno de trabajo: Programa de desarrollo empresarial*, Instituto de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Iberoamericana, México, 1994.



Tabla 2.5
Formato adaptado para solicitud de aprobación de inversión

Nombre de la empresa/unidad estratégica de negocio: _____
Proyecto: _____ Fecha: _____
I. Auto Evaluación
(a) Etapa de desarrollo de la empresa: 1.- Incipiente ____ 2.- En crecimiento ____ 3.- Madurez ____ 4.- Envejecimiento ____.
(b) Perfil tecnológico: 1.- Equipo ____ 2.- Proceso ____ 3.- Producto ____ 4.- Operación ____.
(c) Grado de sofisticación: 1.- No tiene conocimiento documentado ____ 2.- Está en proceso de asimilación ____ 3.- Desarrollo sistemático de innovaciones ____.
II. Necesidades de activos fijos
(d) Activos fijos en: 1.- Nuevas instalaciones ____ 2.- Ampliación de capacidad ____ 3.- Rediseño ____ 4.- Reingeniería ____.
III. Necesidades de desarrollo tecnológico
(e) Competitividad: 1.- Conocimiento mercado ____ 2.- Evaluación competencia ____ 3.- Diferenciación producto ____ 4.- Diversificación ____ 5.- Logística de ventas ____ 6.- Distribución y empaque ____.
(f) Efectividad: 1.- Aumento de productividad ____ 2.- Aumento de la utilización ____ 3 - Reducción costo materias primas ____ 4.- Reducción costo de proceso ____ 5.- Reducción inversión fija ____ 6.- Reducción capital de trabajo ____ 7.- Mejora de calidad ____.
IV. Descripción de la solicitud
(g) Se requiere de un apoyo de: \$ _____.
(h) Bajo el esquema de: 1.- Financiamiento ____ 2.- Obligaciones ____ 3.- Capital ____.
(i) Con el siguiente calendario de disposiciones: Fecha 1 _____ \$ _____ para _____. Fecha 2 _____ \$ _____ para _____. Fecha 3 _____ \$ _____ para _____.
(j) Y con el siguiente esquema de recuperación para el inversionista: 1.- Intereses ____ % 2.- Repago ____.
V. Impacto de la empresa
(k) Posicionamiento de mercado: Se mejorará penetración en ____ %.
(l) Competitividad: Se mejoraran los costos en _____, la calidad de _____, el servicio _____.
(m) Efectividad: Se mejoraran las ventas y utilidades de la empresa como se indica en la tabla resumen (cifras en miles de pesos).



- Solicitud de aprobación de inversión
- Posicionamiento de la empresa
- Descripción del proyecto y sus efectos
- Análisis de los resultados esperados
- Resumen financiero del proyecto

Una breve descripción de estas secciones se presenta a continuación y debela contenerse en una cuartilla:

(a) Solicitud de aprobación de inversión

Esta sección consiste de un formato como el que se mostró en la tabla 2.3, en donde se resume la información más importante del proyecto.

(b) Posicionamiento de la empresa

Esta sección consiste de una descripción del posicionamiento de la empresa con respecto a su entorno, e incluye:

1. Antecedentes de la empresa o unidad estratégica de negocios (UEN)
2. Descripción del mercado
3. Fuerzas y debilidades de la empresa
4. Perfil tecnológico de la línea de producto
5. Descripción del estado del arte con la competencia líder

Continuación de la tabla 2.5
Formato adaptado para solicitud de aprobación de inversión

	Año de operación 1			Año de operación 2		
	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto
Ventas						
Contribución marginal						
Costos y gastos fijos						
Utilidades netas						
Activo fijo						
Capital de trabajo						
Activos totales						
Capital contable						
Flujo disponible						
Repago						
ROAT						
RNCC						
TIR						
VPN						

Fuente: José Giral, *Documento interno de trabajo: Programa de desarrollo empresarial*, Instituto de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Iberoamericana, México, 1994.



Tabla 2.6.
Formato de resumen financiero de un proyecto

	Año de operación								
	Año 1			Año 2			Año 3		
	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto
Ventas netas líneas principales									
Contribución marginal % líneas principales									
Costos y gastos de estructura									
Utilidades netas									
Activos fijos									
Capital de trabajo									
Capital contable									
Origen y aplicación de los recursos									
Utilidades netas									
+ Depreciación									
Flujo de operación									
-Aumento de trabajo									
Flujo disponible									
-Inversión en activos nuevos									
+ Cambio en financiamiento									
Flujo neto									
- Pagos dividendo									
Flujo excedente (Faltante)									
Saldo inicial en caja									
Saldo final en caja									
Índice:									
ROAT									
RNCC									
TIR									
VPN									

Fuente: José Giral, *Documento interno de trabajo: Programa de desarrollo empresarial*, Instituto de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Iberoamericana, México, 1994.



(c) Descripción del proyecto y sus efectos

Esta sección consiste de una descripción del proyecto y de sus efectos esperados e incluye:

1. Debilidades de la empresa (UEN) a corregir con este proyecto
2. Necesidades de desarrollo tecnológico para mejorar la competitividad
3. Mejora esperada en competitividad
4. Necesidades de desarrollo tecnológico para mejorar la efectividad
5. Mejoras esperadas en efectividad
6. Requerimientos de capital de trabajo
7. Requerimientos de promoción y publicidad
8. Inversión y programa de trabajo

(d) Análisis de los resultados esperados

Esta sección consiste de una breve descripción de los resultados esperados con el proyecto, por lo que debe incluir:

1. Premisas en los tres primeros años del proyecto
2. Apoyo requerido
3. Esquema de financiamiento
4. Esquema de recuperación
5. Origen y aplicación de recursos y flujos del proyecto

(e) Resumen financiero del proyecto

Esta sección consiste de un formato como el que se muestra en la tabla 2.5 en su forma adaptada y en la tabla 2.6 se muestra en forma resumida la situación financiera del proyecto. Este formato puede ser considerado de gran utilidad para la definición de la cartera de proyectos de grandes empresas o corporaciones.

2.3.2. Métodos para la valuación de tecnologías

A la fecha existen diferentes criterios para la valuación de tecnologías y posterior selección, entendido esto como la determinación de su precio. Por una parte se han desarrollado



modelos matemáticos complicados que requieren mucha información, la cual rara vez se encuentra totalmente disponible. Por otra parte, existen recomendaciones de tipo general que se limitan a señalar cuales son los factores clave que es necesario considerar para determinar el precio de la tecnología. Y por último, existen métodos para la valuación de una tecnología que consisten en ligar el precio de la misma a las ganancias netas que se obtienen por su explotación. Para valorar estas ganancias se requiere de un análisis a fondo de todos los factores relacionados con el proyecto, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. En resumen, los métodos disponibles para determinar el precio de una tecnología se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Métodos que consideran los costos de generación
- Métodos que consideran los beneficios económicos que genera la tecnología transferida
- Recomendaciones prácticas en la fijación del precio de la tecnología.

En los dos primeros grupos hay un método representativo, el cual considera los mejores elementos para determinar el precio de una tecnología y que aportan ciertas ideas para establecer un método para la selección integral de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión.

El último grupo consiste básicamente de criterios generales que deben ser tomados en cuenta en la fijación del precio de la tecnología, o recomendaciones estadísticas obtenidos en diferentes países del precio de la tecnología definida como un % de las ventas. De este grupo no se incluye una descripción detallada por considerarse de poca contribución para el objetivo del trabajo.



2.3.2.1. El método de Tang Hao (1986)¹⁸

El método propuesto por Tang Hao (1986), se basa en considerar todos los costos y gastos que se utilizaron en generar la tecnología, así como un factor para considerar el riesgo de éxito y parámetros que toman en cuenta la rentabilidad de dicha tecnología.

Se propone calcular el precio teórico de la tecnología por medio de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{C + V + (H * i) t}{1 + X} + a n \Sigma \Delta M$$

Donde:

P = Precio teórico de la tecnología

C = Gastos en el material utilizado en el desarrollo de la tecnología

V = Gastos en mano de obra utilizada en el desarrollo de la tecnología

X = Tasa promedio de riesgo en el desarrollo de la tecnología

H = Cantidad total de financiamiento utilizado en el desarrollo de la tecnología

i = Tasa promedio de interés

$\Sigma \Delta M$ = Tasa incrementada del beneficio obtenido por la empresa que compró y emplea la tecnología en producción

n = Número de empresas que compraron y emplean la tecnología en producción

t = Período de tiempo que la tecnología provee resultados

a = Tasa comparativa del beneficio reembolsado a las unidades que transfieren tecnología. Donde $0 \leq a \leq 1$

Adicionalmente, se argumenta que para proveer los correctos incentivos para la transferencia de tecnología, el precio (P) necesita reflejar una relación positiva entre los beneficios esperados por el usuario de tecnología (M) y la tasa interna de retorno de la inversión (TIR), representada por la siguiente relación:

$$P = \frac{M}{TIR}$$

Si el precio teórico (P) es mayor que la relación M/TIR, la transferencia no tiene sentido para el comprador. En otras palabras, los conceptos de valor de descuento y

¹⁸ Hao Tang, Jishu jiage qianlum (a brief discussion of the price of technology), Jiage lilum yu shijian, Price theory and practice, 1, s.p.i. en Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, pp.101-102.



costos de oportunidad, son introducidos en la relación anterior para determinar el rango dentro del cual los vendedores y compradores de tecnología pueden negociar.

2.3.2.2. El método de Roa y colaboradores (1989)¹⁹

El método propuesto por Roa et al. en 1989, considera tres aspectos generales en el avalúo de la tecnología. El primer aspecto incluye los antecedentes en el mercado es decir, considera los precios anteriores a los que se han comercializado tecnologías similares. El segundo tiene que ver con la rentabilidad del proyecto, es decir, su tasa interna de retorno (TIR) y finalmente, el tercero consiste en una serie de ajustes al valor antes calculado para tomar en cuenta factores como calidad de la tecnología, grado de desarrollo, exclusividad, etc.

Son dos las ecuaciones fundamentales en las que esta basada la metodología. En la primera se calcula una tasa base de regalías (Z_b), a partir de la tasa de regalías promedio (Z_p) que se puede obtener de lo que era el Registro Nacional de Transferencia de Tecnología, revisando los contratos más recientes de transacciones similares dentro de la misma rama tecnológica. En la segunda se calcula la tasa final de regalías (Z_f), corrigiendo la tasa base por una serie de factores que toman en cuenta las características de la tecnología. La tasa final de regalías (Z_f) esta basada sobre las ventas.

La rentabilidad financiera del proyecto se considera a través del cociente TIR/IR, el cual permite conocer que tanto más atractivo resulta invertir en el proyecto en cuestión contra el

¹⁹ B. A. Roa et. al., “Metodología para la determinación del valor de una tecnología”, en *III seminario de administración de tecnología de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC)*, Buenos Aires, Argentina, 1989, septiembre.



valor del dinero en el mercado esto es: ¿Cuánto se gana arriesgando dinero en el proyecto?,
 contra, ¿Cuánto me puede rendir ese mismo dinero en una inversión sin riesgo?

Este cociente puede constituirse en un factor crítico ya que si no alcanza un cierto valor mínimo que resulte atractivo al inversionista, no tiene objeto continuar con la evaluación del proyecto y debe revisarse la TIR mediante la adquisición de tecnologías más productivas o que requieran de menor inversión o buscar otro proyecto más atractivo. El procedimiento de cálculo se describe a continuación:

(1) Calcular el interés real **IR**

$$\mathbf{IR} = \frac{\mathbf{CPP} + 1}{i + 1} - 1$$

(2) Calcular la tasa base de regalías **Zb**

$$\mathbf{Zb} = \frac{\mathbf{Zp} + \mathbf{TIR} / \mathbf{IR}}{2}$$

(3) Calcular la tasa final de regalías **Zf**

$$\mathbf{Zf} = \mathbf{Zb} * \mathbf{A} * \mathbf{B} * \mathbf{C} * \mathbf{D} * \mathbf{E} * \mathbf{F}$$

Donde:

Zp = Tasa promedio de regalías de transacciones similares

Zf = Tasa final de regalías sobre ventas

Zb = Tasa base de regalías sobre ventas

TIR = Tasa interna de retorno del proyecto en cuestión

IR = Interés real del mercado

A = Factor de ajuste por intensidad tecnológica

B = Factor de ajuste por competitividad internacional

C = Factor de ajuste por grado de desarrollo de la tecnología

D = Factor de ajuste por ventajas comerciales asociadas

E = Factor de ajuste por grado de exclusividad

F = Factor de ajuste por el grado de integración del paquete tecnológico

i = Inflación anualizada

CPP = Costo porcentual promedio del dinero

Si pretendemos que el proyecto se desarrollare en periodos económicamente estables, para que el IR tenga valores razonables, es preciso que la inflación sea menor al CPP. Cuando



esto no es así, como puede suceder en casos de inflación galopante, es mejor evaluar el proyecto en dólares y considerar los índices internacionales de costo del dinero.

Con el fin de reducir a un mínimo la subjetividad en la adjudicación de valores a los factores (A, B, C, D, E, y F), los autores proponen la aplicación de la técnica Delphi; es decir, integrar un panel de expertos a los que se les presenta el proyecto y en forma individual asignan valores a los factores; posteriormente, los expertos que asignaron las calificaciones extremas (altas y bajas) presentan sus argumentos y los motivos que los llevaron a dar estos valores y se repite la evaluación. Para tener un marco de referencia dentro del cual se pueden mover los valores para cada uno de los factores, los autores presentan los siguientes criterios:

(1) Intensidad Tecnológica

Se refiere al grado de dinamismo tecnológico del sector industrial correspondiente. En este factor se le asigna una calificación mayor al área con más intensidad tecnológica, ya que en estos casos la tecnología es el insumo con mayor impacto en el precio del producto. Esto se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7	
Factor (A): Intensidad tecnológica	
Valor	Descripción
1.4	Alta (micro-electrónica)
1.2	Media alta
1.0	Media
0.8	Media baja
0.6	Baja (agronomía)

Fuente: B. A. Roa et. al., "Metodología para la determinación del valor de una tecnología", en *III seminario de administración de tecnología de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC)*, Buenos Aires, Argentina, 1989, septiembre.

(2) Competitividad Internacional

Se refiere a la calidad de la tecnología comparando sus dimensiones tecnológicas más importantes (calidad, rendimientos, consumo de energía y en general el estado técnico y de mercado de la tecnología) con las dimensiones tecnológicas de otras tecnologías similares. Una descripción y su respectivo valor asociado se presentan en la tabla 2.8.



Tabla 2.8	
Factor (B): Competitividad internacional	
Valor	Descripción
1.6	Techo tecnológico mundial
1.3	Superior al promedio
1.0	Promedio
0.7	Rezago moderado
0.4	Franco rezago
Fuente: Ídem.	

(3) Grado de Desarrollo

Este es el factor que puede castigar más fuerte al valor de una tecnología. Está relacionado con el riesgo de que la tecnología no funcione de la manera esperada. Su valor máximo es 1.0 y se aplica cuando existen plantas funcionando con esa tecnología a la misma escala de producción que la que se piensa instalar. Los diferentes valores que puede tomar este factor se presentan en la tabla 2.9.

Tabla 2.9	
Factor (C): Grado de desarrollo	
Valor	Descripción
1.0	Experiencia a nivel industrial
0.8	Experiencia a escala industrial menor a la del proyecto
0.5	Nivel de planta piloto
1.2	Proceso a escala de laboratorio
Fuente: Ídem.	

(4) Ventajas Comerciales

Se refiere a las ventajas que presenta el oferente para la comercialización del producto, como pueden ser marcas, canales de distribución, publicidad, etc., así como el suministro de materias primas y/o compras de los productos asegurados. Con este factor se castiga el precio de la tecnología cuando existen desventajas comerciales asociadas como pueden ser precios controlados de los productos, la necesidad de abrir un nuevo mercado, baja disponibilidad de materia prima, existencia de un mercado muy competido, necesidad de excesivos trámites gubernamentales e incluso desprestigio de la compañía proveedora de la tecnología. Los valores que puede tomar este factor se presentan en la tabla 2.10.

Tabla 2.10	
Factor (D): Ventajas comerciales	
Valor	Descripción
1.4	Claras ventajas
1.2	Algunas ventajas
1.0	Promedio
0.8	Algunas desventajas
0.6	Clara desventaja
Fuente: Ídem.	



(5) Exclusividad

Se refiere al grado en que el oferente puede garantizar al usuario el uso exclusivo de la tecnología. En este punto, las calificaciones menores a uno se aplican cuando existe exclusividad limitada a nivel regional para la explotación de la tecnología, existan o no patentes nacionales. Se obtiene la menor calificación cuando el oferente no concede exclusividad alguna. Los valores que puede tomar este factor se presentan en la tabla 2.11.

Tabla 2.11 Factor (E): Exclusividad	
Valor	Descripción
1.4	Internacional con patentes vigentes por largo tiempo
1.2	Internacional con secrecía
1.1	Nacional con patentes
1.0	Nacional con secrecía
0.8	Regional con patentes
0.6	Regional con secrecía
0.4	Sin exclusividad

Fuente: Ídem.

(6) Grado de integración del paquete tecnológico

Este método contempla la transferencia de paquetes tecnológicos completos; sin embargo, no siempre éste es el caso. Si se va a transferir solamente una parte del paquete tecnológico, será necesario afectar el precio obtenido con la aplicación de otro factor que va de 0.0 a 1.0 dependiendo del grado de integración del paquete a transferir. En el trabajo se establece el rango de 0.0 a 1.0 para este factor, pero no se define el valor para puntos intermedios, ni tampoco establecen lo que para ellos significa un paquete tecnológico completo.

La aplicación de este método requiere en primer lugar, el conocer ampliamente el estado a nivel internacional de la tecnología en cuestión, para ello se puede recurrir a diversas fuentes de información técnica y de mercado disponibles, como son: patentes, revistas, libros especializados, normas, catálogos de proveedores, perfiles de mercado, bancos de datos, etc. Y aprovechar las fuentes informales de información constituidas por las redes de contactos personales ubicados en el área de interés.



Otro insumo importante para aplicar este método son los expertos, los cuales deberán fijar en forma imparcial los valores a los factores involucrados recomendándose que ellos no tengan ningún interés económico en el proyecto.

2.3.3. Métodos para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión

Los métodos para la evaluación de alterativas tecnológicas en proyectos de inversión consideran los aspectos de las "métodos de evaluación de proyectos" descritas anteriormente, pero tienden a ser más específicas al tomar en cuenta que en este caso se trata de proyectos sustituibles o mutuamente excluyentes, es decir, se trata de alterativas para un mismo fin (los tecnólogos compiten por obtener un contrato de un mismo proyecto). Todos esos métodos, coinciden en considerar de alguna u otra forma los mismos aspectos de evaluación, para proyectos en donde la tecnología a adquirir es de proceso, tales tecnologías son:

- Castellanos y Cano (1979)
- Sharif y Sundarajan (1983)
- Landis y Hamilton (1984)
- Rodríguez y Solleiro (1991)

2.3.3.1. El método de Castellanos y Cano (1979)²⁰

Castellanos y Cano en 1979, propusieron criterios para la evaluación de licenciadores oferentes de la ingeniería básica en proyectos industriales, sobre todo enfocados a

²⁰ J. Castellanos y José Luis Cano, "Criterios para la evaluación de licenciadores oferentes de la ingeniería básica de proyectos industriales" en *simposio sobre transferencia tecnología del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, I. M. I. Q., D. F., México, 1979, octubre, pp. 16-17.



proyectos en donde la tecnología involucrada es de proceso. Estos autores establecen que la evaluación de ofertas debe realizarse a la luz de tres aspectos fundamentales:

Tabla 2.12 Aspectos y criterios de evaluación de alternativas tecnológicas	
1.	Evaluación técnica
a.	Análisis del proceso
i.	<i>Concordancia del proceso con las bases de diseño</i>
	➤ Capacidad y factor de servicio
	➤ Especificaciones de materias primas
	➤ Especificaciones de productos
	➤ Condiciones en límites de batería
ii.	<i>Características relevantes del proceso</i>
	➤ Equipo
	➤ Condiciones de operación
iii.	<i>Actualización del proceso</i>
iv.	<i>Condiciones de operación</i>
v.	<i>Flexibilidad del proceso</i>
	➤ Materia prima
	➤ Capacidad de operación (caso crítico)
	➤ Número de equipos de relevo
	➤ Interdependencia
	➤ Automatización
vi.	<i>Requerimientos de mantenimiento</i>
vii.	<i>Consumo de materias primas y servicios auxiliares</i>
viii.	<i>Tratamiento de efluentes</i>
	➤ Normas
	➤ Sistemas de tratamiento
ix.	<i>Experiencia del licenciador</i>
	➤ Diseños previos
	➤ Equipos particulares
b.	Documentación técnica
i.	<i>Servicios adicionales</i>
	➤ Inspección de procura en el extranjero
	➤ Supervisión de la expeditación y embarque
	➤ Supervisión técnica durante la construcción
	➤ Supervisión de la ingeniería de detalle
	➤ Capacitación del personal
ii.	<i>Experiencia técnica-administrativa</i>
	➤ Experiencia en el proceso
	➤ Experiencia general del licenciador en ingeniería
	➤ Construcción, operación y coordinación de proyectos
	➤ Características organizacionales generales
2.	Evaluación contractual
a.	Licencia y tecnología



- b. Garantías de la información técnica
 - c. Alcance de los servicios técnicos y profesionales
 - d. Garantías
 - i. *Capacidad de la planta*
 - ii. *Consumo de materias primas*
 - iii. *Consumo de servicios auxiliares*
 - iv. *Consumo de agentes químicos*
 - v. *Especificaciones de los productos*
 - vi. *Características de los efluentes*
 - e. Criterios y procedimientos para pruebas de comportamiento de la planta diseñada
 - f. Responsabilidad del licenciador en la supervisión del diseño de detalle del equipo y su construcción
 - g. Compromisos en programas de trabajo
 - h. Penalidades por incumplimientos
3. Evaluación económica
- a. Inversión en equipo y materiales
 - b. Capital de trabajo
 - c. Economía intrínseca del proceso
 - i. *Materias primas*
 - ii. *Servicios auxiliares*
 - iii. *Catalizadores*
 - iv. *Reactivos químicos*
 - v. *Mantenimiento*
 - vi. *Depreciación*
 - d. Costo de ingeniería y licenciamiento

Fuente: J. Castellanos y José Luis Cano, "Criterios para la evaluación de licenciadores oferentes de la ingeniería básica de proyectos industriales" en *simposio sobre transferencia tecnología del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, IMIQ, D. F., México, 1979, octubre, pp. 16-17.

- ❖ Evaluación técnica
- ❖ Evaluación contractual
- ❖ Evaluación económica

Estos autores son los que mejor definen los criterios a considerar en la evaluación técnica; proponen criterios adecuados para la evaluación contractual sin embargo, aunque en la evaluación económica incluyen todos los aspectos que deben ser considerados en dicha



evaluación, no proponen un modelo económico, pero si establecen que éste debe ser seleccionado y que existen varios indicadores económicos que pueden dar una idea de la bondad de la inversión para cada alternativa evaluada. No establecen la forma de ponderar cada aspecto de evaluación, ni tampoco definen una escala para calificar cada criterio. Sin embargo, si establecen que la evaluación y la forma de calificar deben estar basadas en consideraciones hasta cierto punto subjetivas y que la importancia relativa dependerá finalmente del criterio del evaluador. Esta propuesta de evaluación corresponde a lo que se le denomina como la técnica matricial de evaluación, la cual se describe con más detalle en el siguiente capítulo. Los criterios propuestos que conforman cada evaluación se presentan en la tabla 2.12.

2.3.3.2. El método de Sharif y Sundarajan (1983)²¹

Sharif y Sundarajan en 1983, proponen que los factores (criterios) que determinan las ventajas de una tecnología pueden ser agrupados en 5 categorías, tal como se muestra en la tabla 2.13. Además se clasifican a los factores (criterios) que afectan en la evaluación de alterativas tecnológicas en tres tipos:

- (1) Factores dominantes
- (2) Factores objetivos
- (3) Factores subjetivos

De acuerdo con la integración de estos factores corresponde a usar técnicas cuantitativas y cualitativas (subjetivas), las cuales son relacionadas mediante la siguiente ecuación.

²¹ M. N. Sharif and V. Sundararajan, "A quantitative model for the evaluation of technological alternatives", *Technology Forecasting and Social Change*, 4, 1973, 15-29, en *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 95.



$$TM_i = DFM_i \left(\sum_{j=1}^m \xi_j OFM_{ij} + \xi_o SFM_i \right)$$

Donde:

TM_i = Medida total de la alternativa tecnológica (calificación total para la alternativa i)

DFM_i = Factor dominante medido para la alternativa tecnológica i , ($DFM_i = 0$ o 1)

OFM_{ij} = Factor objetivo medido para la alternativa tecnológica i , ($0 \leq OFM_{ij} \leq 1$)

SFM_i = Factor subjetivo medido para la alternativa tecnológica i

i = Número de alternativa tecnológica en evaluación

$j = 1, m$ = Número de factores objetivos (cuantitativos)

ξ_o y ξ_j = Factores de peso, evaluados de tal forma que $\sum_{j=1}^m \xi_j = 1$

Tabla 2.13 Clasificación de factores (criterios)	
Categoría	Factores o criterios
1.- Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contaminación ▪ Biosistemas ▪ Ecosistemas ▪ Uso de la tierra ▪ Otros
2.- Institucional / políticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leyes ▪ Control administrativo ▪ Política nacional ▪ Otros
3.- Sociales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hábitos de trabajo ▪ Sistema educativo ▪ Cuidado medico ▪ Servicios de emergencia ▪ Otros
4.-Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad ▪ Complementarios ▪ Avances ▪ Otros
5.-Económicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producto interno bruto ▪ Eficiencia ▪ Exportación ▪ Ingreso personal ▪ Empleo ▪ Costo de la vida ▪ Balanza comercial ▪ Otros

Fuente: M. N. Sharif and V. Sundararajan, "A quantitative model for the evaluation of technological alternatives", *Technology Forecasting and Social Change*, 4, 1973, 15-29, en *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 95.



Para determinar la calificación total de la alternativa tecnológica que se está midiendo (TM_i), es importante tomar en cuenta que el factor dominante para cada alternativa debe ser determinado de la siguiente forma:

$$DFM_i = \prod_{k=1}^{k=l} DFM_{ik}$$

Donde:

DFM_{ik} = Índice del factor dominante para la alternativa tecnológica i con respecto al factor dominante k , DFM_{ik} sólo puede tomar valores de 0 o 1

l = Número total de factores dominantes para la alternativa tecnológica i

De este grupo de ecuaciones es importante notar que si algún factor dominante DFM_{ik} para la alternativa i es igual a 0, esto implicara que DFM_i y TM_i para la alternativa i eran 0, indicando de esta manera que la alternativa tecnológica i deberá ser excluida (rechazada). Esto hace que no se requiera evaluar los factores objetivos ni los subjetivos para la alternativa que sea excluida.

Para determinar los pesos ξ_o y ξ_j , se recomiendan una adecuación a la técnica de "análisis de factores"²², la cual consiste básicamente en la ponderación de un grupo de factores y su normalización para que la suma dé uno.

Los factores objetivos por definición pueden ser medidos en unidades cuantitativas (Kg. de producto/Kg. de alimentación, cantidad de descargas al medio ambiente, etc.), sin embargo

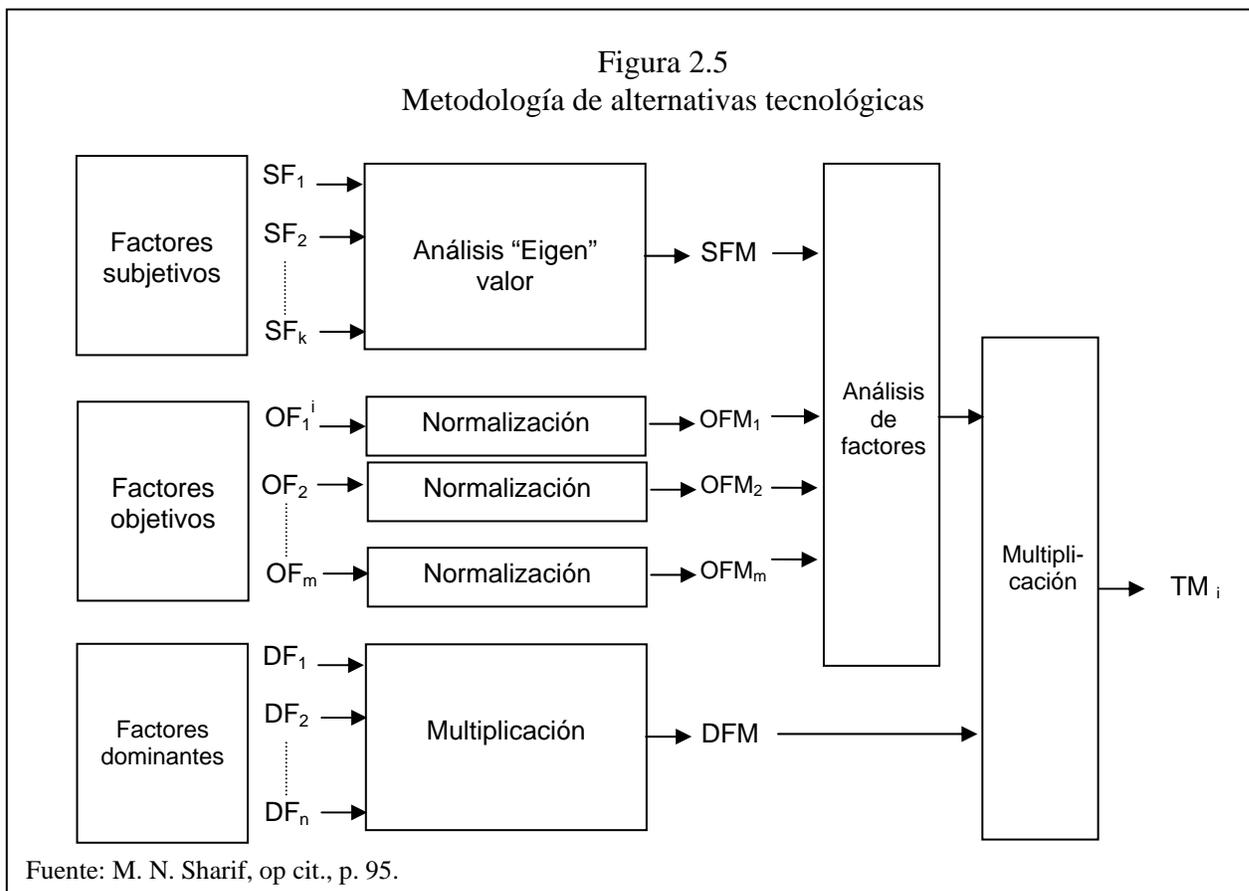
²² A. W. Blackman and E. J. Saligman, "An innovation index based on factor analysis", *Technology Forecasting and Social Change*, 4, 1973, p. 301-316.



para obtener una congruencia con los otros tipos de factores, estos valores cuantitativos son transformados en índices adimensionales de la siguiente manera:

$$OFM_{ij} = \frac{OF_{ij}}{\sum_{i=1}^n OF_{ij}}$$

Donde OF_{ij} es el valor del factor objetivo j para la alternativa tecnológica i . En la ecuación anterior la condición $OFM_{ij} = 1$ se impone para asegurar que los factores objetivos sean compatibles con los otros factores.



Para cuantificar los factores subjetivos, se propone una combinación de la teoría de "jerarquización" y la aproximación del "eigen" vector. Esta combinación resulta en una técnica en la cual primero se define una jerarquización de los diferentes factores y después



se determina mediante comparación un "peso" relativo (importancia) a cada uno de ellos. En esta cuantificación de los factores subjetivos se impone también la restricción de que la suma de su contribución debe ser uno.

La anterior descripción de la forma como estos autores integran las técnicas cuantitativas y cualitativa se presenta esquemáticamente en la figura 2.5.

2.3.3.3. El método de Landis y Hamilton (1984)²³

Landis y Hamilton en 1984, a través de un estudio señalado determinaron un método que evalúa las alternativas de ingeniería. Cuando un ingeniero se enfrenta con el hacer una opción entre diversas alternativas, sólo se necesita un método para seleccionar el mejor. Aquí hay unos medios simples que trabajan para evaluar una gran variedad de problemas.

Tomar las decisiones en la ingeniería a menudo no es sencillo: pueden existir alternativas múltiples y ninguna de las opciones puede parecer la buena al principio. Como ejemplos de tales decisiones tenemos seleccionar a un vendedor o elegir a un contratista, etc.

La técnica propone un método objetivo lo que por otra parte podría ser uno subjetivo. Brevemente, da los requisitos de una asignación particular entre las categorías. Cada categoría tiene un valor de 1 (poco satisfactorio) a 10 (excelente). También hay un factor de ponderación (peso), que se asigna a cada categoría. El valor global se obtiene sumando las valuaciones y multiplicando por los factores para cada opción.

²³ Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineering*, (1984), October 1, p. 91.



Este procedimiento se usa para hacer los juicios, para clientes que están construyendo plantas de proceso. El método no sólo se usa para seleccionar los “concedentes”, contratistas de ingeniería y vendedores de tecnología. La aplicación de este procedimiento nos ha permitido a ser más uniformes y dar recomendaciones más objetivas a los clientes.

Las ventajas y propósitos

La ventaja principal de usar el método es su objetividad. Los evaluadores, desgraciadamente, necesitan a menudo una experiencia anterior, para influir en sus decisiones.

En un proceso, las personas hacen a veces una selección integrando todos los aspectos positivos y negativos de cada alternativa. Para la mayoría de las personas, es difícil quedarse sólo con el objetivo y escoger la selección global buena, sobre todo si las distintas opciones parecen iguales.

El procedimiento propuesto minimiza tales problemas dividiendo el caso en varias categorías que se analizan y valoran en cada momento. No sólo haciendo esto simplifica el proceso de la evaluación sino se ayuda a evitar las opiniones negativas o positivas que influyen demasiado en la decisión.



Otra ventaja es que el método evita comparar las alternativas intencionalmente. En cambio, se juzgan los méritos de cada uno contra una norma predeterminada. El uso de esta técnica rendirá dos ventajas extensas:

1. Genera una lista de control por evaluar la habilidad de los candidatos para hacer el trabajo. Así, el evaluador se obliga a repasar las capacidades de los candidatos en cada categoría. Esto resalta áreas donde la información adicional se necesita, así como proporcionar una base para las evaluaciones externas y las posteriores negociaciones del candidato potencial.
2. El comparar a los candidatos contra una norma en lugar de contra nosotros, evita seleccionar el "bueno del peor". Con otros métodos de la evaluación un candidato puede encontrarse con un bueno global y todavía no es necesario determinar el que satisfaga los requisitos.

Tabla 2.14 Consideraciones para algunas categorías	
Categoría	Consideración
1.-Diseño de procesos	Complejidad del proceso, consideraciones de seguridad, operaciones unitarias, facilidad de control, requerimiento de equipo especial, requerimiento de mantenimiento inusual, flexibilidad de la operación, vapor de agua
2.-Experiencia comercial	Número/Capacidad de unidades similares con licencia y ubicación.
3.-Capacidad de los productos	Pureza, número de grados, áreas de cobertura de la aplicación y productos reciclados
4.-Costos de operación	Utilitarios, mano de obra, mantenimiento, honorarios de los licenciadores, mantenimiento de materias primas, requerimiento de flujos de material, catálisis, químicos, etc.
5.-Costo de inversión	Equipamiento, construcción de la ingeniería civil, detallado de las fases de ingeniería, costos de construcción y arranque, procuración, lugar de supervisión, constructores y capital de trabajo
6.-Retorno de la inversión	Expresado en porcentajes
7.-Servicio de licenciadores	Tipo/Duración del tren, servicios de arranque, consultores post-arranque, diseño de la ingeniería de detalle: asistencia/consultoría
8.-Tecnología futura	Términos y condiciones de la transferencia de tecnología y futuras tecnologías, para licenciadores-licencias y viceversa, licencias de investigación-desarrollo y capacidades
9.-Restricciones de mercado.	Limitaciones por imposiciones de licencia o por productos muy manufacturados, ventas, usos
10.-Restricciones contractuales	Limitaciones por imposiciones de licencia en firmas que pueden ser detalladas en la ingeniería de servicio y acceso permitido a licenciadores de tecnología por contratos de la ingeniería de detalle
11.-Garantías y cobertura de patentes	Capacidad, recuperación, calidad y utilidad de las garantías con penalizaciones, términos y condiciones, patentes
Fuente: Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", <i>Chemical Engineering</i> , (1984), October 1, p. 92.	



Hay otras ventajas: el método producirá una cuenta global para cada candidato, mientras, va mostrando la comparación de cada uno con la norma. También, todas las personas que trabajan en el proyecto usan la misma técnica de la evaluación, proporcionando un grado mayor de estandarización, además proporciona una tabla de consideraciones para las categorías la cual se presenta en tabla 2.14.

La estandarización es especialmente importante cuando los especialistas de los diversos grupos (por ejemplo, ingenieros de proceso, administradores del contrato y gerentes del proyecto) evalúan una oferta en particular. Esto cambia las justificaciones del evaluador para cada candidato y cada categoría, además da una credibilidad más aceptable. Así, la evaluación es imparcial.

El método presentando se realiza de la siguiente manera:

Antes de una evaluación detallada puede hacerse una selección preliminar para reducir los candidatos potenciales en un número razonable. Esto normalmente es: que si por ejemplo son ocho empresas, se factorizan los requisitos del cliente, la necesidad internacional de materiales o servicios y la disponibilidad de los candidatos interesados, etc. Sin una evaluación preliminar el proceso de la evaluación se volvería mucho muy complejo.

Luego, deben prepararse licitaciones para el concurso o licitación. Al mismo tiempo, la evaluación de las categorías debe establecerse como se muestra en la tabla 2.15. La tabla muestra factores para ser considerado en las categorías. Las licitaciones especifican que los



candidatos probables deben incluir una contestación para cada una categoría de la evaluación. Esto no sólo minimiza la necesidad de preguntar a los postores más información, si no también asegura que cada postor está propiamente informado de la propuesta que se evaluará. La licitación (invitación) debe detallar las características de cada parte del documento interno. Una vez recibidas las ofertas de los postores, la evaluación real puede empezar.

Categoría	Factor de valoración	Licenciador A	Licenciador B	Licenciador C
	WFi	Calificación ²⁴ * WFi	Calificación * WFi	Calificación * WFi
1.-Diseño de procesos	15	A1*15 = M1	B1*15 = N1	C1*15 = O1
2.-Experiencia comercial	10	A2*10 = M2	B2*10 = N2	C2*10 = O2
3.-Productos	15	A3*15 = M3	B3*15 = N3	C3*15 = O3
4.-Costos de operación	10	A4*10 = M4	B4*10 = N4	C4*10 = O4
5.-Costo de inversión	10	A5*10 = M5	B5*10 = N5	C5*10 = O5
6.-Retorno de la inversión	10	A6*10 = M6	B6*10 = N6	C6*10 = O6
7.-Servicio de licenciadores	5	A7*5 = M7	B7*5 = N7	C7*5 = O7
8.-Tecnología futura	10	A8*10 = M8	B8*10 = N8	C8*10 = O8
9.-Restricciones de mercado	5	A9*5 = M9	B9*5 = N9	C9*5 = O9
10.-Restricciones contractuales	5	A10*5 = M10	B10*5 = N10	C10*5 = O10
11.-Garantías y cobertura de patentes	5	A11*5 = M11	B11*5 = N11	C11*5 = O11
Total de la valoración	100			
Total		$\Sigma(A_i * WFi = M_i)$	$\Sigma(B_i * WFi = N_i)$	$\Sigma(C_i * WFi = O_i)$

Fuente: Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineering*, (1984), October 1, p. 93.

Las categorías de la evaluación

La selección de estas categorías, es una parte crucial del procedimiento, debe hacerse cuando se bosquejan las licitaciones. Hay tipo normal de categorías que pueden usarse en todos los tipos de evaluaciones. Estas deben detallarse en la evaluación.

²⁴ También llamada Rating.



Después de que las categorías se establecen, cada uno debe valuarse según su importancia percibida. Los pesos deben ponerse antes de cualquiera de las propuestas se evalúe, para ser justo con todos los candidatos. El total del factor de valoración (o ponderación) debe ser 100 y se muestra en la tabla 2.15.

Todos aquéllos que dirigirán la evaluación deben repasar y deben aprobar las categorías de la evaluación y la valoración. Cuando varias personas están realizando una evaluación, una discusión abierta entre ellos propiciara establecer las categorías y las ponderaciones. Incluso para un cierto tipo de evaluación (por ejemplo, al seleccionar un licenciador) las categorías y la ponderación cambian para cada trabajo, la importancia relativa de cada criterio varía con el proceso.

Tabla 2.16
Escala de valores numéricos para las categorías

Escala del valor	Descripción general	Definición
10	Excelente	Calificaciones superiores, aventajado en el diseño estándar
9	Mediano muy alto	Mejores calificaciones excedido en el diseño estándar
8	Mediano alto	No debilitado generalmente excedido en el diseño estándar
7	Mediano	Poco debilitado, generalmente por de bajo del diseño estándar
6	Mediano bajo	Algo debilitado, por debajo de algunos estándares
5	Mediano muy bajo	Severamente deficiente muy por debajo de algunos estándares
4	Inadecuada	Muy deficientes, por debajo de los estándares
3	Peor	Severamente deficiente, casi no tiene estándares
2	Mala	Extremadamente deficiente, cercanamente inaceptable
1	Insatisfactoria	Totalmente inaceptable

Fuente: Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineering*, (1984), October 1, p. 93.

Una vez que las ofertas se reciben, los evaluadores repasan las categorías de la evaluación. Cada concedente asigna un valor para cada categoría, que cuando se multiplica por el peso de la categoría produce una cuenta global. Los valores de esta valuación se presentan en tabla 2.16 y se usa para que cada evaluador, tenga un parámetro definido.



Si más de una persona que está haciendo la evaluación, determina que los valores se deben repasar para todos los postores y para una categoría en particular, en lugar de hacer todas las categorías para un sólo postor. Se debe hacer una revisión más uniforme, ya que los valores de la evaluación son algo subjetivos.

Una vez hecho lo anterior en la hoja de trabajo principal, se resumen los resultados en la tabla 2.15. También se preparan las hojas de trabajo auxiliares. Esto se hace para cada concedente y muestra los mayores puntos de ese candidato. Estas hojas, son usadas en la última revisión y ayuda a asegurar que las valuaciones son exactas y objetivas. También se mantienen un resumen de la referencia del cliente, en lugar de presentar a cada cliente con las inmensas cantidades de material detallado.

Si sólo una persona ha hecho la revisión, su supervisor debe hacer una última comprobación a la revisión. Si la evaluación ha sido hecha por un grupo, ellos y la dirección debe discutir las recomendaciones en una reunión. Sin embargo, en todos los casos, el o los evaluadores deben permitirse poner las últimas valuaciones.

El análisis de resultados

La cuenta máxima es de 1000 puntos. Un cuenta de 700 o es más que aceptable, para un candidato. Claro, que en una cuenta de 700 o más no se determina que todas las categorías hayan sido aceptables; la cuenta de cada categoría deberá utilizarse para determinar las fuerzas o debilidades. Algunos necesitarán algunas mejoras durante las negociaciones con los candidatos.



Durante la entrevista, pueden discutirse las condiciones de la comercialización. Entonces, la evaluación se pone al día para esos licenciadores, que fueron los que tomaron parte en la evaluación. Casi siempre, la cuenta de los licenciadores mejora después de la reunión y permite una mejor evaluación final por parte del cliente.

Es posible que un candidato pudiera tener una deficiencia inaceptable en una o más categorías de la evaluación y todavía logre una cuenta total alta. Sin embargo, para una situación rara, generalmente, las deficiencias en una categoría permiten evaluar otras categorías altas. En la suma, se eliminarán normalmente los candidatos que durante el proceso preliminar fueron protegidos e intentaron conseguir el trabajo en su favor a pesar de que no reunían todos los requisitos. No obstante, si pasa esta situación, un concedente no debe ser considerado a menos que pueda cambiar su posición.

2.3.3.4. El método de Rodríguez y Solleiro (1991)²⁵

Rodríguez y Solleiro en 1991, a través de una revisión de métodos y consultas con expertos del área de gestión de tecnología propusieron una metodología basada en considerar cuatro aspectos, siendo estos:

- Tecnológicos
- Financieros
- Contractuales
- Sociales-políticos

Para cada aspecto, se propusieron los criterios mostrados en la tabla 2.17, para seleccionar las mejores alternativas tecnológicas proponen una técnica de "scoring" (la cual es

²⁵ D. A. Rodríguez y José Luis Solleiro, "Selección y avalúo de tecnologías: Dos elementos básicos para la negociación", en *memorias del simposio de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC)*, Caracas, Venezuela, 1991.



denominada en este trabajo como técnica matricial) que puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$A_j = \sum_{i=1}^n W_i C_{ij}$$

Donde:

A_j = Atractitividad de la alternativas

W_i = Ponderación del criterio i , de acuerdo con su importancia relativa

C_{ij} = Calificación de la alternativas, en función del cumplimiento con el criterio i

Tabla 2.17 Aspectos y criterios de evaluación de alternativas	
1.	Aspectos tecnológicos <ul style="list-style-type: none"> a. Dimensiones tecnológicas b. Versatilidad c. Adaptabilidad d. Complejidad e. Grado de innovación f. Cambios organizacionales requeridos
2.	Aspectos financieros <ul style="list-style-type: none"> a. Rentabilidad b. Activos fijos requeridos c. Costos d. Capital de trabajo e. Efectos sobre la liquidez f. Sensibilidad
3.	Aspectos contractuales <ul style="list-style-type: none"> a. Alcance de la licencia b. Precio y forma de pago c. Exclusividad d. Garantías e. Acceso a mejoras f. Asistencia técnica y capacitación g. Territorialidad h. Vigencia
4.	Aspectos sociales-políticos <ul style="list-style-type: none"> a. Impacto en el empleo b. Impacto ecológico c. Incumplimiento de regulaciones gubernamentales d. Impacto en la generación de divisas e. Seguridad interna y externa
Fuente: D. A. Rodríguez y José Luis Solleiro, "Selección y avalúo de tecnologías: Dos elementos básicos para la negociación", en <i>memorias del simposio de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC)</i> , Caracas, Venezuela, 1991.	



Cabe destacar que no se proponen criterios de ponderación para cada aspecto, ni escala de calificación, dejando que esto sea definido por el evaluador en función de cada caso específico. Aunque estos autores incorporan ciertos términos relacionados a las características de la tecnología que son interesantes (dimensiones tecnológicas, grado de innovación, etc.), no incluyen aspectos relacionados con el alcance y calidad tipo de los servicios ofrecidos por los tecnólogos, los cuales pueden tener efecto sobre la ejecución del proyecto.

2.3.4. Aspectos generales de los métodos

Durante la descripción de cada uno de los métodos presentadas anteriormente se hicieron algunos comentarios con el objetivo de normalizar los conceptos y a continuación se presentan comentarios de carácter general y de algunos métodos; además es importante reafirmar que estos métodos de evaluación nos darán las herramientas necesarias para una adecuada selección de procesos, fin último de este trabajo.

La metodología presentada por Melnick en 1965, puede ser considerada como un método clásico que asume que la parte técnica es sólo un insumo dentro del proceso de evaluación de los proyectos. Y considera que teniéndose el debido cuidado no existirán problemas futuros por una mala selección de la tecnología utilizada. Aunque este método presenta esta desventaja, es quizás el primer método en establecer en forma clara que se debe realizar en el proceso de evaluación de proyectos y definir que la evaluación puede estar basada en la optimización de un sólo concepto (capital, mano de obra, divisas, etc.) o en conceptos



mixtos y con ello abrir la posibilidad de que la selección final de proyectos puede estar basada en la selección subjetiva de criterios.

La guía presentada por el ILPES en 1985 es quizás una de las más completas reportadas en su especie y en la literatura, pero ésta sólo se enfoca en la forma de como presentar un estudio de factibilidad (en donde es obvio que se está evaluando a la rentabilidad, de un proyecto), por lo que no es de gran ayuda cuando lo que se trata de buscar es el cómo realizar la selección, ya sea de un proyecto o tecnología.

El método presentado por Castellanos y Cano de 1979, aunque descuida algunos aspectos que son de interés, es quizás el método que mejor desglosa el aspecto técnico (especialmente para tecnologías de procesos), por lo que sus contribuciones debieran ser consideradas en la selección de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de proceso.

El método propuesto por Sharif y Sundarajan en 1983, aunque no hace una descripción detallada de cada uno de los aspectos propuestos, presenta la ventaja de combinar técnicas de evaluación cualitativas y cuantitativas y su propuesta de clasificar a los diferentes factores (criterios) como dominantes, objetivos y subjetivos es de gran trascendencia, ya que permite ahorrar trabajo al eliminar alternativas tecnológicas que no cumplen con los criterios dominantes.



En el trabajo de Landis y Hamilton se presentan 11 criterios y consideraciones generales para la evaluación de las tecnologías, así como un rango de evaluación y algo muy importante que es un factor de ponderaciones que los anteriores métodos no presentan.

En forma general se puede establecer de acuerdo a la experiencia que la TIR, el VPN y el PRI son los criterios que más se utilizan en la evaluación de proyectos de plantas como la del ácido láctico, que es un caso práctico de este trabajo.

Como se puede observar, el método presentado por Melnick tienen la ventaja de servir como marco de referencia para la definición de conceptos y establecer en forma clara las diferentes visiones que se pueden tener al evaluar un proyectos sin embargo, en todos los métodos presentadas por este autor, la evaluación técnica de los proyectos (que es donde entra la evaluación de la tecnología) se considera como un etapa de generación de información y no se visualiza el efecto real que la tecnología puede tener sobre los resultados del proyecto, sobre todo considerando que se trata de proyectos, en donde la tecnología juega un papel fundamental.

Como se puede observar el ILPES más que proponer un método explícito de evaluación, se centra en recomendar una guía para presentar estudios de factibilidad de proyectos. Sin embargo, aunque no proponen un método de evaluación y no presentan los efectos que puede tener la tecnología en los proyectos, es importante el establecimiento que presentan en cuanto a que en la evaluación de proyectos deben considerarse cinco aspectos: el técnico



(que es donde se ve el efecto de la tecnología), el económico, el financiero, el administrativo y el institucional.

Para Giral la idea de proponer formatos condensados para facilitar la evaluación de proyectos es adecuada, sobre todo tomando en cuenta la forma como el ser humano toma decisiones (en base a pocos datos). Sin embargo, esta tabla se inclina en establecer sólo los aspectos que deben ser considerados en la evaluación, pero no indica el procedimiento de evaluación propiamente dicho, es decir, la forma como se jerarquizarán las diferentes alternativas de proyecto.

El método de Tang Hao presenta la desventaja de requerir de mucha información, la cual debió registrarse en la etapa de la generación de la tecnología. Además, el precio de la tecnología sólo puede, ser determinado por el proveedor, ya que difícilmente el comprador dispondrá de toda la información requerida para su cálculo. Otro aspecto limitante del método es que no explica la forma como se debe prorratar²⁶ el precio entre los posibles compradores.

Para Roa y sus colaboradores también es de suma importancia contar con la cooperación del oferente de tecnología para poder conocer a detalle cada uno de los elementos que integran el paquete a transferir y para poder calcular la TIR del proyecto con alguna certeza ya que este indicador es fundamental para realizar el avalúo.

²⁶ Repartir una cantidad proporcionalmente entre varios: las acciones se prorratarán entre todos los inversionistas.



Tabla 2.18 Clasificación de las metodologías y sus principales características			
Método	Autor	Criterios y aspectos considerados	Observaciones
Evaluación de proyectos	Melnick	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Criterios relativos a la productividad de un sólo factor (privado o social) ⇒ Criterios relativos a la productividad del complejo de insumos ⇒ Criterios mixtos 	Es considerado como el método clásico, ya que define las diferentes alternativas de evaluación de proyectos que pueden presentarse. Éstas son aplicables a empresas privadas, pero están orientadas fundamentalmente a empresa del gobierno (Proyectos gubernamentales)
	Giral y González.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ En la evaluación de proyectos en sus etapas iniciales proponen los siguientes índices: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Margen de utilidad ▪ Índice de rotación de capital ▪ Costos de ingredientes ▪ Índice de utilización de capacidad ▪ Índice de liquidez ⇒ Rentabilidad sobre inversión. ⇒ En la evaluación de proyectos con un enfoque nacional proponen los siguientes criterios. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Criterios de mercado ▪ Criterios macroeconómicos ▪ Criterios financieros ▪ Criterios tecnológicos 	<p>Introducen el concepto de plausibilidad en la evaluación de proyectos.</p> <p>Proponen una evaluación por puntos y recomiendan escalas de calificación de 1, 2, 3, de 0 a 10 o en el caso expuesto de -2 a +2.</p> <p>Incluyen un método simple, pero adecuado, de evaluación preliminar de proyectos al interior de una empresa privada. Proponen además un método de evaluación de proyectos con un enfoque nacional.</p>
	ILPES	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Proponen los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnico ▪ Económico ▪ Financiero ▪ Administrativos ▪ Institucionales 	<p>Proponen que la evaluación de un proyecto incluya:</p> <p>Estudio de mercado, estudio técnico y financiero, evaluación económica del proyecto y plan de ejecución. Su guía es muy completa e incluye la información que debe contener un proyecto.</p> <p>Su método está más orientado a la evaluación de proyectos al interior del gobierno o para solicitar financiamiento externo.</p>
	Giral	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Propone un formato con las siguientes secciones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solicitud de aprobación de inversión ▪ Posicionamiento de la empresa ▪ Descripción del proyecto y sus efectos ▪ Análisis de los resultados esperados ▪ Resumen financiero del proyecto. 	<p>Si bien propone un formato para su evaluación, no establece la forma de evaluar.</p> <p>El formato presentado es una buena herramienta en la formación de la cartera de proyectos de corporación o empresas privadas, además de que es útil para la solicitud y aprobación de proyectos.</p>



Capítulo 2.- Elementos para la selección de procesos

Valuación de tecnologías	Tang Hao.	⇒ Propone un método para determinar el precio de una tecnología que considera los costos de generación y su atractividad en el mercado.	Nos proponen una técnica específica de evaluación, pero no da los valores para los aspectos considerados en su método. El método está orientado para determinar el precio de una tecnología al interior de un centro de investigación.
	Roa y colaboradores.	⇒ Propone el cálculo de una tasa base sobre ventas para determinar el precio de tecnología y la corrigen por los siguientes factores: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intensidad tecnológica ▪ Competitividad internacional ▪ Grado de desarrollo de la tecnología ▪ Ventas comerciales asociadas ▪ Grado de exclusividad ▪ Grado de integración del paquete tecnológico 	Presenta la desventaja de requerir como dato la tasa de regalías de transacciones similares. Recomienda la aplicación del método Delphi, para la asignación de valores de cada uno de los factores de corrección. El método puede ser aplicado por empresas privadas y gubernamentales.
Evaluación de alternativas tecnológicas	Castellanos y Cano.	⇒ Proponen tres aspectos y varios parámetros para cada uno de ellos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnico ▪ Contractual ▪ Económico 	No propone la forma de evaluar cada aspecto. No establece la forma de evaluar. Propone una lista de los subaspectos técnicos que deben ser considerados en la evaluación. El método puede ser usado por empresas privadas y gubernamentales.
	Sharif y Sundarajan	⇒ Proponen cinco criterios y varios parámetros para cada uno de ellos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambientales ▪ Institucionales / políticos ▪ Sociales ▪ Tecnológicos ▪ Económicos 	Propone que los criterios pueden ser clasificados en: dominantes, objetivos y subjetivos. Hacen una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas, proponen una escala de: 1,3,5,7,9 para la clasificación de los factores subjetivos El método puede ser aplicado por empresas privadas y gubernamentales.
	Landis y Hamilton	⇒ Propone 11 categorías para la evaluación: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño de procesos ▪ Experiencia comercial ▪ Productos ▪ Costos de operación ▪ Costos de inversión. 	Proponen un factor de valoración que va de 5 a 15. Propone calificaciones para cada factor que va de 1 al 10.



		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retorno de la inversión ▪ Servicio de licenciadores ▪ Tecnología futura ▪ Restricciones de mercado ▪ Restricciones contractuales ▪ Garantías y coberturas de patentes 	<p>Propone algunas consideraciones para las categorías.</p> <p>La metodología puede ser aplicada por empresas privadas y gubernamentales.</p>
	Rodríguez y Solleiro	<p>⇒ Proponen los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnológicos ▪ Financieros ▪ Contractuales ▪ Sociales-políticos 	<p>Propone la evaluación matricial (por puntos), pero no recomienda la escala de calificación.</p> <p>La metodología puede ser aplicada por empresas privadas y gubernamentales aunque es más recomendable para las últimas.</p>
Fuente: Elaboración propia utilizando los criterios y observaciones de los métodos presentados en este capítulo.			

Landis y Hamilton proponen una de las mejores técnicas, ya que dan no sólo parámetros y calificaciones, proponen una tabla en la que se puede comparar diversas tecnologías, lo que permite una mejor evaluación de las tecnologías y en varios puntos permite señalar ventajas y desventajas, además de que excluyen las tecnologías que muchas veces son favorecidas no por su relevancia, sino por sus creadores.

A manera de resumen se incluye la tabla 2.18, la cual muestra los métodos presentados anteriormente y permite visualizar los diferentes criterios generales (denominados en este trabajo como aspectos) que considera cada uno de ellos en la evaluación y selección.

Como se puede ver, ninguno de los criterios económico-financieros se puede aplicar todo el tiempo y a todas las situaciones. De hecho, es probable que se tenga que aplicar más de uno para seleccionar un conjunto cualquiera de proyectos. Por ejemplo, tal vez se desee ordenarlos de acuerdo con el valor actual neto adicional que cada uno puede producir pero al mismo tiempo, comunicar el costo en relación con el rendimiento, siendo necesario



considerar los cambios probables en la tasa a la cual se reinvertirán los ingresos o se financiarán los desembolsos futuros. En tal caso, se emplearía probablemente una combinación de los criterios VAN, TIR y VT.

Como se puede observar cada método presenta una contribución que deberá ser analizada y adecuada para generar una metodología de selección integral. El desarrollo de esta metodología que integra estos conceptos y que aporta algunos otros, se presenta en el siguiente capítulo.



Conclusiones

Desde la óptica de la tecnología, nuestras empresas se han visto en la necesidad de fortalecer capacidades internas para mantener productos, procesos bajo control dentro de especificaciones comerciales, legales y realizar gradualmente esfuerzos de mejora orientados a elevar la calidad, reducir costos, abatir tiempos de ciclo, optimizar productos y procesos. Es decir, asegurar solamente que nuestras empresas tengan un desempeño profesional y que se vayan asimilando las mejores prácticas administrativas, técnicas y de operación.

Es importante reafirmar que estos métodos de evaluación nos dan las herramientas necesarias para una adecuada selección de procesos y que nos proporcionará las herramientas más adecuadas para la metodología de la selección del proceso que necesitemos, fin último de este trabajo y que se presentará en el siguiente capítulo.

Cada uno de los métodos presentados tienen la tendencia de ser ligeramente parcial al darle mayor importancia a los aspectos que tienen relación con el ámbito de trabajo del autor y el ámbito en que se desarrollan, es decir los métodos desarrollados por los economistas y políticos le dan mayor importancia al aspecto económico y al social; los ingenieros y tecnólogos, le dan mayor importancia al aspecto técnico de proceso y así sucesivamente. Por lo que es conveniente utilizar un método que este balanceado y que permita una evaluación con un enfoque integral y global y posterior selección.



Los aspectos técnicos (tecnológicos), económicos y financieros son comunes para todos los métodos. Sin embargo, algunos de ellos no presentan una diferenciación clara entre los aspectos económicos y financieros por lo que resulta útil que el encargado de utilizar la metodología tome en cuenta todos los factores y subfactores de cada aspecto.

La definición de aspectos (criterios), no es la misma para todos los autores, por lo que es posible encontrar, por ejemplo, que las exportaciones e ingreso económico del personal sean definidas por un autor como criterios económicos, mientras que otros los definen como aspectos sociales.

Existiendo todos estos criterios de decisión es necesario establecer guías para definir cual debe adoptarse en un proyecto específico. La elección apropiada depende de las circunstancias en que se tome la decisión y de las prácticas que siga la empresa. Todos los criterios deben formar parte del repertorio de la alta dirección. Las diversas empresas tienen distintas normas de aceptación, que es necesaria conocer.

Quienes toman decisiones tienen también diferentes normas en cuanto a aquello que se les puede comunicar; la misma empresa querrá considerar más de una norma de aceptación. Por supuesto se debe estar preparado para aplicar cualquier criterio o todos ellos; pero también se debe ser consistente en el empleo de aquel que se haya seleccionado. Como las circunstancias que rodean cada caso pueden variar mucho, es preciso limitar el estudio a términos generales que puedan ser adecuados a los casos específicos que se puedan presentar.

CAPÍTULO 3

Metodología para la selección de procesos



El integrar los diferentes aspectos que se necesitan en la selección de procesos en la industria química y de investigación es una etapa muy importante y como se mencionó en el capítulo anterior, requiere de una muy buena evaluación de las alternativas tecnológicas disponibles en proyectos de inversión de plantas de proceso por lo que se requiere conjuntar una metodología, y es lo que se realizará en el presente capítulo. La metodología es específica en la medida de lo posible para este tipo de proyectos, en donde, la tecnología involucrada corresponde a tecnologías de proceso, lo cual le da cierta particularidad. Sin embargo, ésta también puede ser utilizada por diversas empresas mediante algunos ajustes.

3.1. Metodología para la selección de alternativas tecnológicas

La presentación de la metodología de selección que se llevará a cabo en el presente capítulo tiene un punto de inicio que es la ubicación de ella en el proceso de transferencia de tecnología, mediante una buena evaluación y es integral toda vez que integra gran variedad de parámetros dentro de la evaluación y posterior selección de procesos. Desde el punto de vista clásico de gestión de tecnología, en el proceso de transferencia de tecnología presenta las siguientes etapas que son:

- I. Detección de la necesidad de tecnología a partir de la estrategia tecnológica, la cual forma parte de la planeación estratégica de la empresa.
- II. Definición del proyecto. En el caso de proyectos de incremento de capacidad que consideran la instalación de varias plantas, realmente es conveniente definir un macro-proyecto, que no es nuestro caso práctico. Éste está formado por varios proyectos que consisten en evaluar para cada planta o proceso la alternativa tecnológica que mejor se ajuste a las necesidades requeridas y cumpla con los criterios de selección definidos. Para cada uno de estos proyectos se genera un proceso independiente de transferencia de tecnología que en algunos casos se pueden tomar en paquete.



- III. Obtención y análisis de información técnica. Estado de la tecnología, dimensiones tecnológicas, pronósticos, líderes y posibles oferentes de tecnología
- IV. Contacto inicial con oferentes y visitas
- V. Diseño del programa de asimilación
- VI. Evaluación, negociación y decisión (contrato)
- VII. Adquisición de acuerdo a programa
- VIII. Adaptaciones (arranque) y operación
- IX. Asimilación de la tecnología

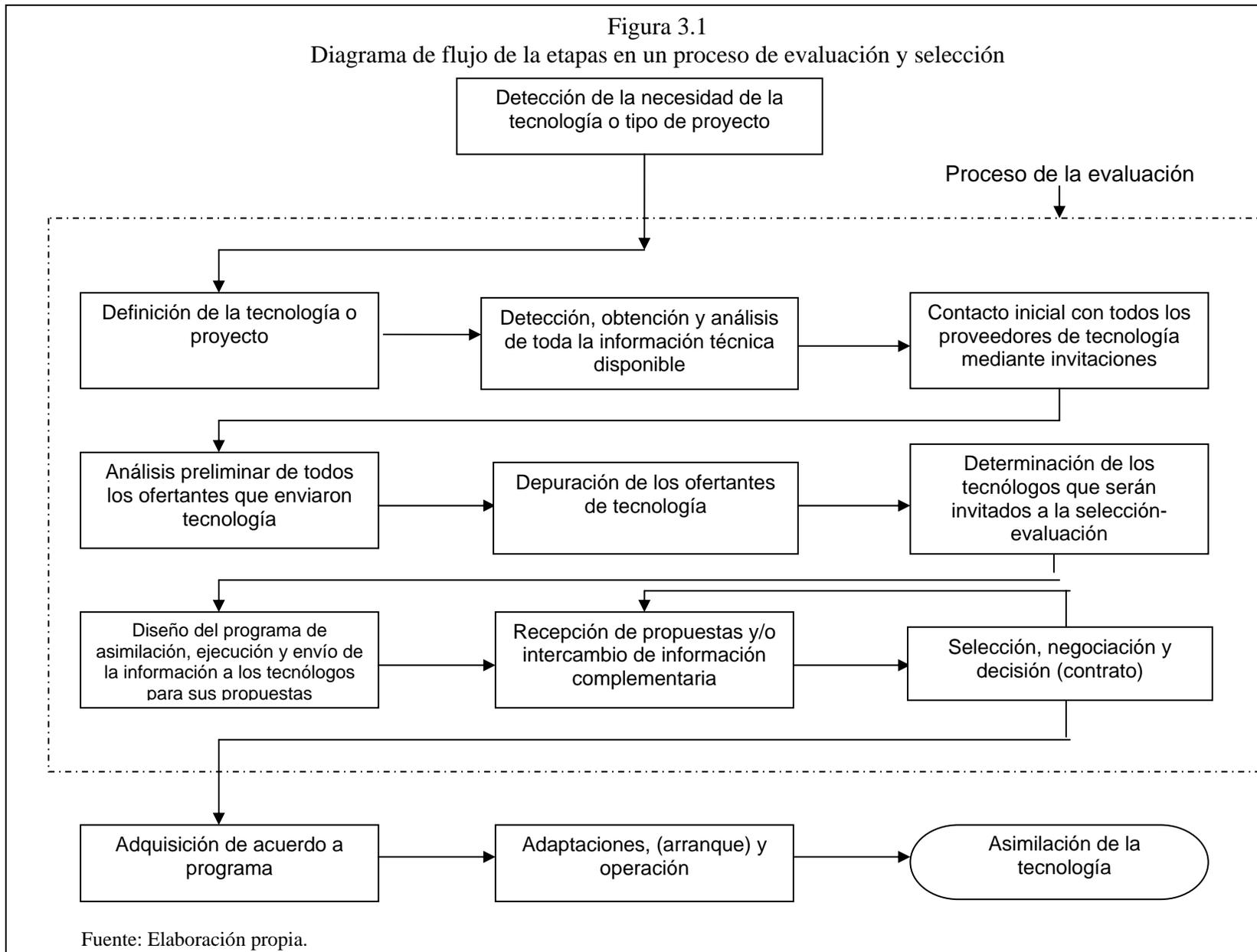
De estas nueve etapas, en este trabajo se establece que el proceso de evaluación-selección está conformado básicamente por varias etapas. Y dentro de las cuales hay algunas que son propiamente el proceso de selección. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 3.1.

Para desarrollar un proyecto de esta índole, es necesario un planteamiento inicial que proponga exactamente cuáles son los objetivos, el producto final deseado y los recursos disponibles. Una vez establecidos estos parámetros, pueden identificarse en la ejecución del proyecto las siguientes fases:

- Estudios básicos de proceso
- Estudios preliminares de costo
- Estudios de mercado
- Estudios de factibilidad
- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Procuración de equipo y materiales
- Construcción
- Pruebas y arranque
- Operación continua (normal)



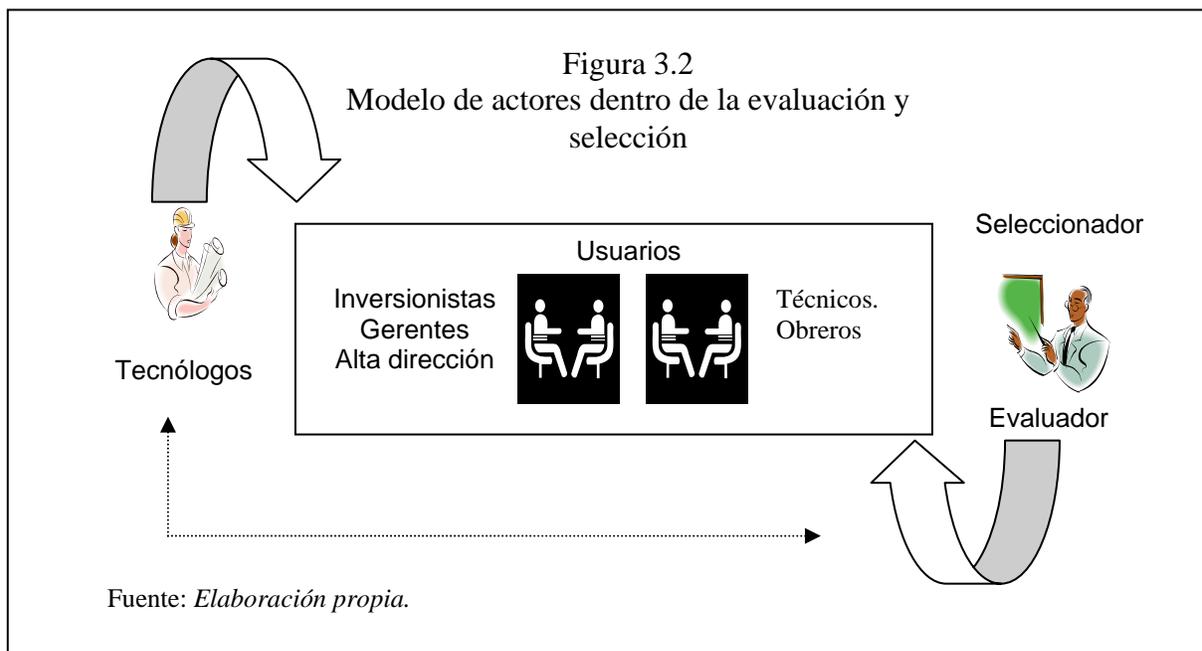
Figura 3.1
Diagrama de flujo de la etapas en un proceso de evaluación y selección





La ubicación del proceso de selección en estas etapas se justifica al considerar que en el proceso de transferencia de tecnología hay varios "actores" (ver figura 2.3) y en el que flujo de información se da principalmente en estas etapas. Los actores que pueden ser identificados, considerando un modelo de tres como se muestra en la figura 3.2 y son: *el usuario*, *los tecnólogos* y *el evaluador*. El *usuario* está integrado, para propósitos de este trabajo, por los inversionistas, la alta dirección, los gerentes de producción y el personal técnico y obrero.

Aunque estos han sido agrupados, es obvio que la visión que tiene cada uno de ellos sobre la tecnología y el proyecto en general, así como los efectos resultantes de la selección y evaluación son diferentes.



El otro "actor" son los tecnólogos, los cuales son propietarios del elemento a transferir (la tecnología) y proporcionan normalmente servicios de ingeniería y de asistencia técnica.



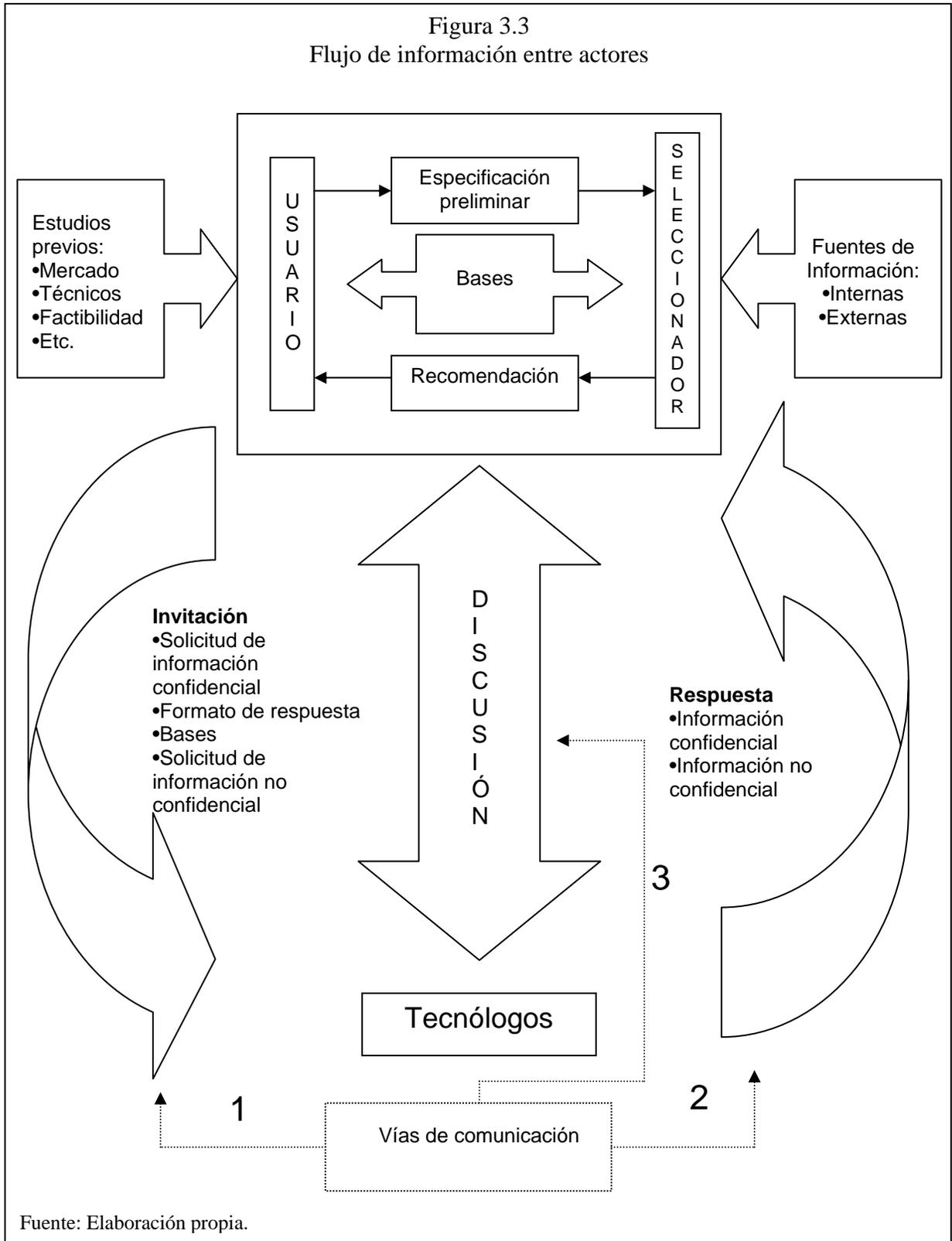
En todo proceso de selección se requiere de personal que aplique las técnicas o métodos requeridos de evaluación. Este grupo, el cual es de carácter multidisciplinario, está compuesto por profesional especializado y puede o no formar parte de la empresa que va a adquirir la nueva tecnología. Este grupo es denominado como el evaluador y forma lo que genera el tercer actor.

Con la anterior explicación se ubicó al proceso de selección y a la transferencia de tecnología, sin embargo, cabe una segunda cuestión: ¿Cuál es la ubicación de la metodología en el proceso de evaluación-selección? La respuesta a esta pregunta se presenta a continuación.

3.1.1. El proceso de selección

Como fue establecido anteriormente para un buen proceso de selección hay que establecer una evaluación, en donde existen tres actores: *el usuario, los tecnólogos y el evaluador*. Este último consiste normalmente de un grupo, multidisciplinario con formación mínima a nivel profesional y conocimientos en procesos, ingeniería económica, ingeniería financiera, derecho sobre propiedad industrial y relacionada con la transferencia de tecnología, etc.

El evaluador puede ser o no parte de la empresa que desea adquirir una tecnología. En este contexto se está hablando de tres entidades, entre las cuales el flujo de información juega un papel muy importante. Este se muestra en forma esquemática en la figura 3.3, la cual puede describirse de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración propia.

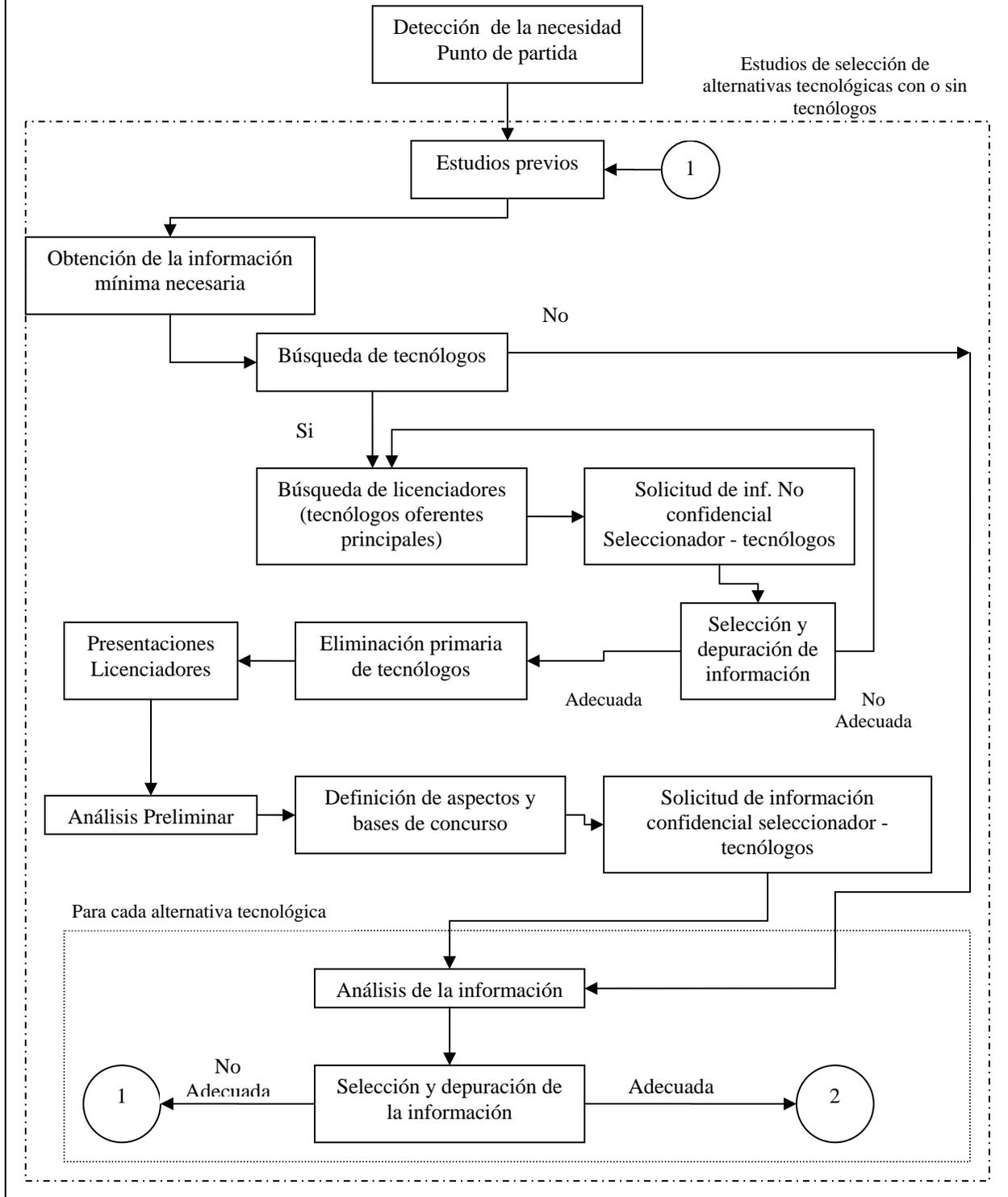


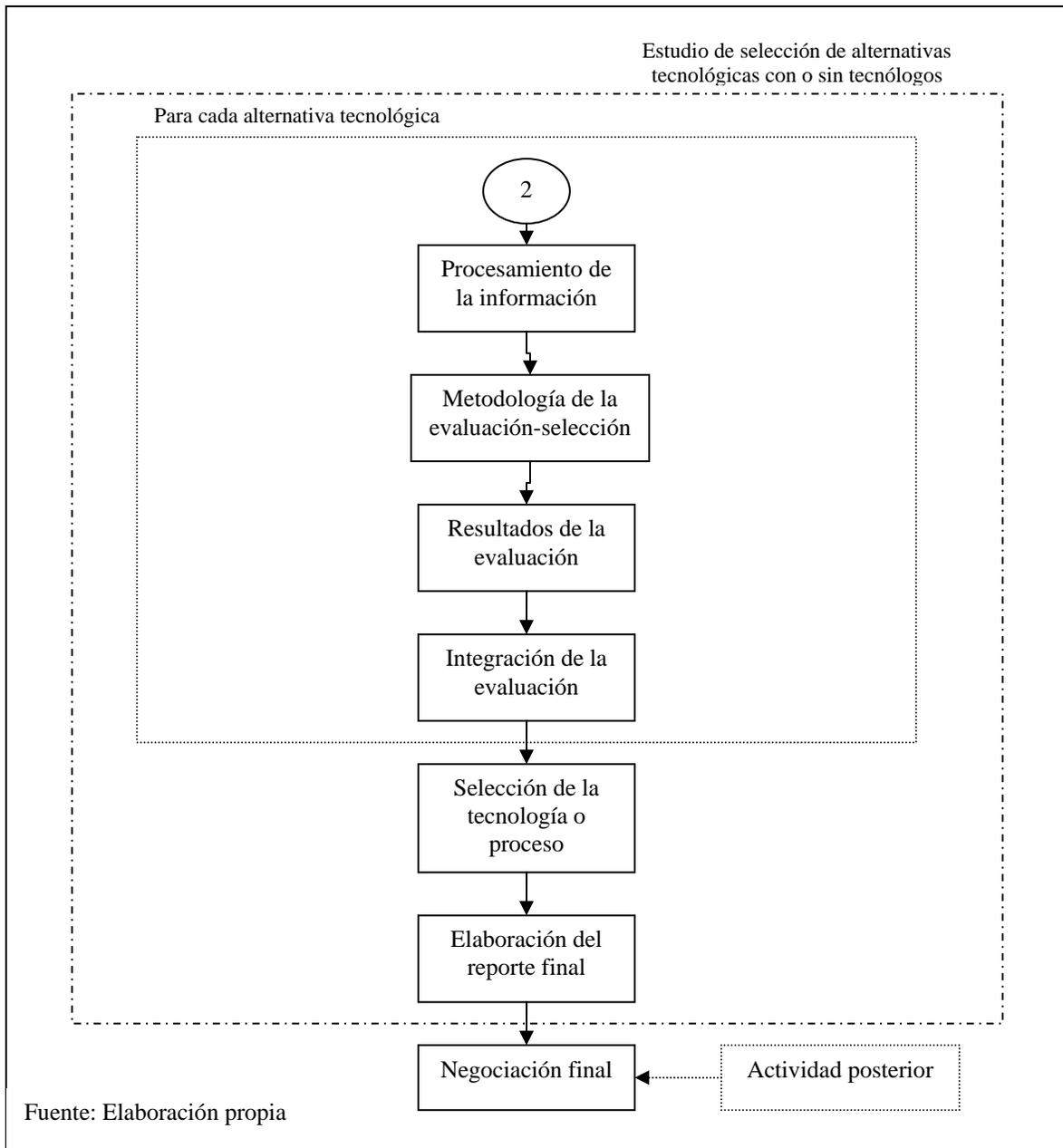
- ❖ El flujo de conocimientos se inicia con la entrada de información proveniente de estudios previos, como son de mercado, de factibilidad técnica, etc., lo cual propiamente dispara el estudio de selección de alternativas tecnológicas. Esto puede ser a través de una solicitud libre de tipo interno o mediante un formato definido en forma conjunta entre el usuario y el seleccionador, que cite con el detalle suficiente los requerimientos relativos al proceso de transformación y restricciones específicas que se desean, si las hay.
- ❖ Una vez que la entidad seleccionadora recibe la solicitud correspondiente, con la información necesaria anexa, el seleccionador consulta los bancos de información internos y externos para determinar a las tecnologías potenciales y proceder a enviar una solicitud de información no confidencial a los tecnólogos. Esto se representa esquemáticamente en la vía de comunicación No.1, figura 3.3.
- ❖ Después se espera que los tecnólogos envíen información general comercial de sus tecnologías de procesos e incluso efectúen presentaciones técnicas, según se representa en la vía de comunicación No.2, figura 3.3.
- ❖ Una vez logrado lo anterior, se efectúa una depuración de la información y un análisis preliminar, para determinar los tecnólogos que han de ser invitados para efectos de la evaluación y selección.
- ❖ El siguiente documento que se genera es el de bases de concurso o licitación. Estas bases de licitación se hacen llegar a los diferentes tecnólogos considerados dentro de un documento denominado *invitación formal* para que envíen sus propuestas tecnológicas. Se incluye también en esta invitación, un formato mínimo de respuesta para que el tecnólogo en cuestión conozca la forma en que se espera que se presente la información, esto se ilustra en la vía de comunicación No.1, de la figura 3.3.
- ❖ Como resultado de lo anterior, se recibe por parte de los tecnólogos una *respuesta*, que se asocia con tanta *información confidencial* como sea necesaria, según se aprecia en la vía de comunicación No.2, figura 3.3.
- ❖ Con la información recibida se continúa el proceso de selección, en el cual puede contemplarse la necesidad de un intercambio directo de información entre las entidades seleccionador-usuario y los tecnólogos, por lo cual se contempla la existencia de la vía de comunicación No.3, figura 3.3, destinada para efectos de discusión.

En este flujo de información, el documento más importante y que juega un papel preponderante en el proceso de evaluación, son las bases de concurso o licitación.



Figura 3.4
Diagrama de flujo general de selección de alternativas tecnológicas





De acuerdo a la descripción del flujo de información, el proceso de selección de tecnologías puede concebirse como una secuencia lógica de actividades que requiere la interacción entre los tres actores. Las actividades involucradas en este proceso se describen en forma esquemática en la figura 3.4, la cual muestra la ubicación de la metodología de evaluación-selección en un proceso de selección.



El proceso general que se presenta en la figura 3.4, se describe a continuación:

- La *detección de una necesidad* en el ámbito de un estudio de factibilidad es considerado el punto de partida, para pasar a lo que es propiamente el estudio de selección de alternativas tecnológicas, en cuyo primer bloque se cita la *especificación preliminar del caso*, lo que representa el establecimiento de la información mínima necesaria del proceso de transformación y las necesidades específicas para el inicio del proceso de selección.
- En el segundo paso se tiene a la *búsqueda de licenciadores (tecnólogos)*. Esto se refiere a la tarea de encontrar, según sea necesario en términos nacionales o internacionales, a los tecnólogos oferentes potenciales. A continuación se presenta la *solicitud de información no confidencial* lo que significa el establecimiento del primer contacto seleccionador-tecnólogos, en la que se solicita folletos comerciales e información general descriptiva de sus tecnologías (artículos técnicos o referencias de estos). Con esta información, que es considerada como no confidencial y la colectada previamente se pasa a la siguiente etapa denominada *depuración de información*, la cual tiene como objetivo central hacer una selección preliminar de las tecnologías que van a ser consideradas dentro del proceso de selección.
- Como resultado de la etapa anterior se puede solicitar *presentaciones técnicas de tecnólogos* con el objetivo de conocer con más detalle las características de sus tecnologías. En este contacto con los tecnólogos, aunque no existe formalmente compromiso relacionado con el resultado de la selección, estos esperan recibir una invitación formal para presentar su propuesta.
- Con el paso anterior concluido se puede proceder al siguiente, que se presenta como *análisis preliminar*, en el que se profundiza un poco más y se prepara el requerimiento de información más específica a través de la elaboración de las bases de concurso (o bases de licitación) y la invitación para la participación en un concurso abierto. Tal paso forma parte de una *solicitud de información confidencial* en la figura 3.4
- Una vez que se dispone de la información confidencial suministrada por los licenciadores, a través de sus propuestas correspondientes (en algunas licitaciones ésta información puede ser manejada como no-confidencial), existe la necesidad de procesar tal información para que a partir de ella se obtengan los datos pertinentes de cada uno de los tecnólogos. Éste se representa en el bloque *procesamiento de información* de la figura 3.4.
- Los datos ordenados y clasificados se analizan y contrastan según los diferentes apartados que hayan sido considerados para la evaluación-selección. Estas actividades conforman lo que aquí se denomina: metodología de la selección, la cual requiere de un procesamiento de información y de evaluaciones parciales de los diferentes aspectos que hayan sido considerados. En la aplicación de la metodología es importante que exista consistencia entre las bases de concurso y los aspectos que van a ser considerados en la evaluación-selección, es decir, se debe solicitar la información requerida para aplicar la metodología de la selección. En este punto se dispone de una evaluación para cada una



de las diferentes áreas de interés; corresponde entonces lograr una integración a fin de constituir una calificación global que refleje la situación jerárquica de las bondades integrales de las diferentes alternativas tecnológicas involucradas. En el paso denominado *integración de la selección* se procede a realizar esta tarea.

- Una vez que se ha logrado establecer tal calificación, el paso siguiente es el de *selección*. Debe cumplirse con una recomendación basada en tales calificaciones y presentada adecuadamente, según el paso siguiente y final denominado *elaboración del reporte final*.
- La siguiente etapa es la negociación, la cual como se observa en la figura 3.4 es concebida como una actividad independiente y externa al proceso de selección. Sin embargo, aunque en esta descripción y en la figura se muestra una seriación en las actividades, además existe la posibilidad que los resultados de la negociación obliguen a regresar a algún punto dentro del proceso de evaluación-selección.

3.1.2. Desarrollo de la metodología

De la revisión de los métodos de evaluación y selección presentados en el capítulo anterior se puede observar que el desarrollo de un modelo de selección de alternativas tecnológicas lleva por lo regular una secuencia general y puede realizarse básicamente mediante la ejecución de cuatro etapas:

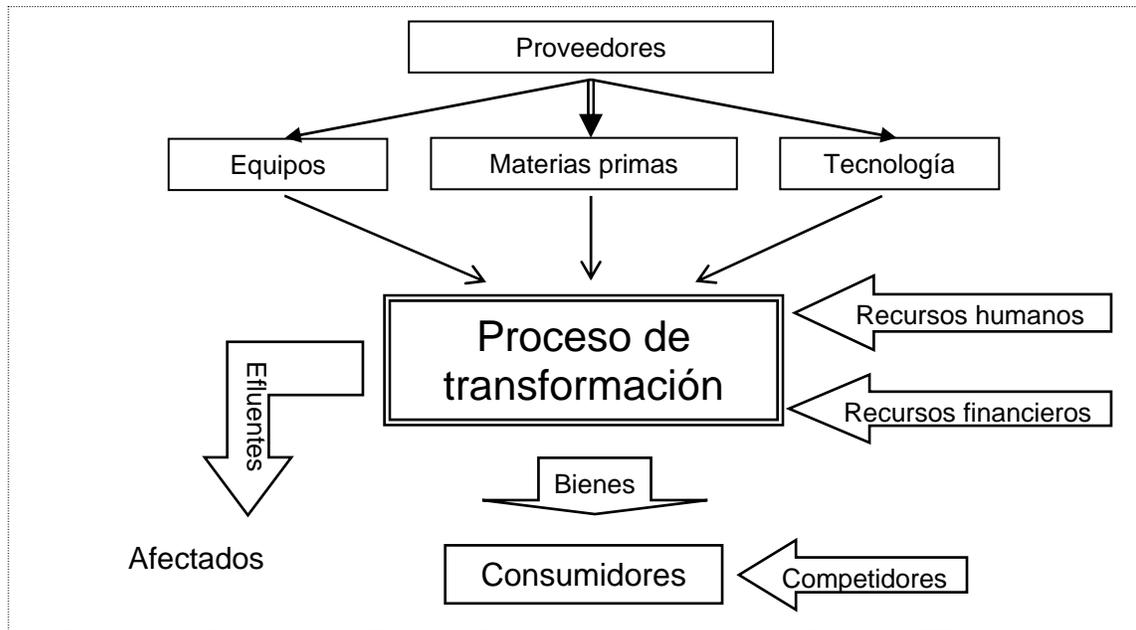
- ➔ Identificación de criterios que afectan la selección de la alternativa tecnológica
- ➔ Clasificación de todos los criterios identificados
- ➔ Formulación de un modelo en términos de la clasificación
- ➔ Cuantificación de los términos del modelo

Una forma de proponer los criterios y su clasificación sería mediante un proceso estadístico de los criterios que son propuestos por los diferentes autores, sin embargo, hay que tener presente que se trata de proponer una metodología específica para seleccionar alternativas tecnológicas en procesos de la industria química, por lo que en su lugar se usará el enfoque de sistemas para este fin.



Figura 3.5
Modelo de caja negra del proceso de transformación

Entorno: económico, político, social y legal*

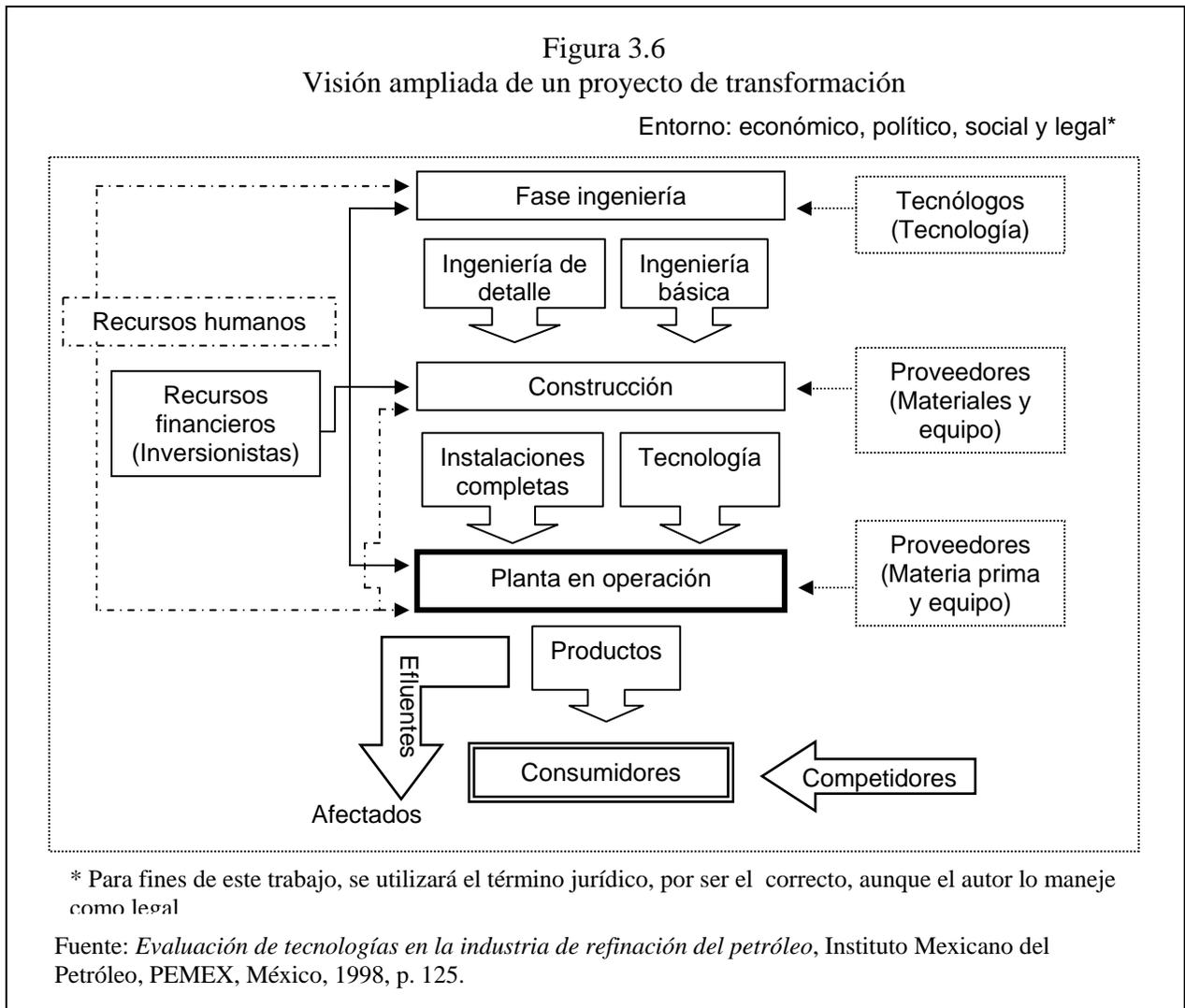


* Para fines de este trabajo, se utilizará el término jurídico, por ser el correcto, aunque el autor lo maneje como legal.

Fuente: *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*, Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 4.

La ejecución y operación de un proyecto de transformación aplicando el enfoque de sistemas puede ser concebido como se muestra en la figura 3.6. Esta figura es una visión ampliada del enfoque de caja negra del proceso de transformación mostrada en la figura 3.5. Tomando como base la figura 3.6 se puede observar la identificación de los siguientes criterios de selección, los cuales serán denominados en este trabajo como "aspectos":

- Aspectos técnicos del proceso
- Aspectos técnicos complementarios
- Aspectos económico-financieros
- Aspectos contractuales
- Aspectos plausibles
- Aspectos estratégico-tácticos
- Aspectos normativos



A continuación se describen los aspectos que se incluyen en la metodología propuesta.

(a) Aspectos técnicos del proceso

En este inciso se consideran las características de la tecnología desde el punto de vista de proceso a nivel de ingeniería básica. Esto se realiza a través del análisis comparativo entre las alternativas tecnológicas ofertadas, estableciendo sus ventajas y desventajas y tomando en cuenta el techo tecnológico como referencia. Los aspectos técnicos del proceso tienen repercusiones en el comportamiento económico del proyecto, así como posibles efectos en el medio ambiente y puede establecer una ventaja competitiva, por lo que se requiere de una ampliación detallada de este aspecto.

(b) Aspectos técnicos complementarios

En este aspecto se agrupan a los criterios que no corresponden propiamente a las características de la tecnología, pero que tienen un efecto en la confianza de que ésta



tenga un buen funcionamiento en la fase operativa de la planta. Se evalúa básicamente la experiencia de los diferentes tecnólogos, su capacidad organizacional; el tipo y alcance de los servicios ofertados, así como el contenido del paquete tecnológico (paquete de ingeniería básica, paquete de ingeniería de detalle, etc.) entre otros.

(c) Aspectos económico-financieros

Dada la estrecha relación que existe entre los criterios económicos y los financieros, se propone que estos sean agrupados en un sólo aspecto. Esto permite tener flexibilidad en la profundidad de los cálculos, ya que en ciertos proyectos no es posible determinar con un grado de confiabilidad adecuado los parámetros de rentabilidad de los proyectos, ni por lo tanto los criterios clásicos de evaluación financiera que permiten la selección. Desde el punto de vista de los inversionistas privados este aspecto es de vital importancia, ya que define el nivel de recuperación de la inversión y las utilidades esperadas cuando la planta esté en operación.

(d) Aspectos contractuales

Uno de los puntos importantes que se deben solicitar en las bases de concurso es el incluir un borrador del contrato de licencia que regirá la transferencia de tecnología y los servicios ofertados. Tomando esto como referencia, se puede establecer que se dispone de información suficiente para evaluar este borrador y su posterior selección y asegurarse con tiempo que las obligaciones, derechos, restricciones, garantías, penalidades, etc., se incluyan en él. En este aspecto se evalúan todos estos factores y aunque estos pueden modificarse en la etapa de negociación, se esperaría que ésta fuera en beneficio del licenciatarío (adquiriente) y no del licenciador. Los aspectos contractuales son de vital importancia ya que pueden limitar la capacidad para realizar mejoras a los proceso productivos en su etapa de operación y tienen repercusiones económicas debido al nivel de regalías y la forma de pago de las mismas.

(e) Aspectos plausibles

En estos aspectos se agrupan los criterios macro-económicos, políticos, sociales y ecológicos que pueden afectar en la selección de un proyecto de inversión. Para identificar a estos aspectos se utiliza el término "plausibilidad"¹, ya que se considera que si los proyectos fueran seleccionados bajos estos criterios en donde se espera un beneficio social, macro-económico, etc., serían dignos de aplauso. Aunque actualmente los criterios macro-económicos y sociales ya no rigen predominantemente las características de las inversiones de plantas químicas, se considera que debido a que las plantas químicas estarán inmersas en un entorno económico, social, político, etc., se recomienda que se analicen si para el proyecto en cuestión son aplicables estos criterios.

¹ Término propuesto por José Giral Barnes y Sergio González, *Tecnología apropiada: Selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias química y metalmeccánica*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980.



(f) Aspectos estratégico-tácticos

Dada la importancia que la estrategia tiene sobre el buen funcionamiento de una organización, se propone que ésta sea considerada en la metodología de selección. Este aspecto es de gran importancia ya que la tecnología que se adquiera debe ser congruente con la estrategia tecnológica y esta a su vez, como es sabido, debe ser congruente con la estrategia general del negocio. Además, se incluyen en este grupo a los criterios tácticos (en donde se pueden considerar aspectos de logística), ya que estos pueden tener un efecto en el buen desempeño del negocio. Como se observa en la figura 3.6, los productos que se generen en la nueva planta saldrán a la venta en un mercado competido, en donde es obvio, existen otros productores que desean tener una mayor participación del mercado; por lo tanto, la ventaja estratégica que una evaluación tecnológica proporciona es algo que debe ser considerado en toda metodología de selección.

(g) Aspectos normativos

En este aspecto se agrupan los criterios que involucran la normatividad que puede regir un proyecto en sus diferentes fases, es decir, desde la licitación hasta la emisión de contaminantes cuando la planta este operando. Estos aspectos tienen como características que la selección es del tipo on/off, es decir, cumple o no cumple. Sin embargo, debe considerarse que algunos cumplen con mayor margen y otros apenas cumplen. Las leyes, reglamentos, tratados y la costumbre pueden inclinar en determinado momento la preferencia de una alternativa tecnológica, sobre las otras; por lo que estos criterios deben ser evaluados dentro de la metodología que se propone. Este aspecto es de capital importancia para las empresas del sector paraestatal, ya que estas deben de cumplir con la normatividad que establecen las leyes mexicanas para las compras en el sector público.

Es importante notar en los diferentes aspectos descritos anteriormente que tienen diferente temporalidad, es decir, en algunos sus efectos son inmediatos; mientras que otros son a largo plazo. Esta diferencia es la que ocasiona la dificultad de seleccionar con certeza el funcionamiento del proyecto en tiempo y forma. Además, si a esto se le agrega la confiabilidad de la información que los tecnólogos presentan, la confiabilidad de los estimados de inversión, la confiabilidad del flujo de efectivo del proyecto, etc., es obvio que la selección no puede ser cien por ciento certera. Esto no quiere decir que los resultados de la selección no tienen aplicación, al contrario, se trata de aclarar que estos son representativos y que bajo este nivel de "representatividad", las alternativas tecnológicas están siendo jerarquizadas.



Bajo este esquema se considera que se está hablando de una selección integral, ya que se propone un nuevo espectro de los criterios que deben ser analizados en la metodología de selección. Se piensa que con esta nueva definición de aspectos se incluyen la mayoría de las posibilidades que se pueden presentar en proyectos, ya sea de construcción de nuevas plantas, modernizaciones de las ya existentes o de proyectos de investigación.

Hasta este momento sólo se han identificado y agrupado a los diferentes criterios que deben ser considerados en una metodología de selección. Nótese que no se incluyen los aspectos administrativos (criterios) que pueden afectar el buen desempeño del proyecto, ya que se estima que se requiere la misma estructura organizacional para administrar cualquiera de las alternativas que se seleccione. Esto se fundamenta en el origen de lo que se está seleccionando, es decir, no se están seleccionando proyectos con diferentes características, sino un proyecto para el cual existen diferentes alternativas tecnológicas.

Para el caso de selección de proyectos de diferentes características (fines), el aspecto administrativo también deberá ser considerado.

Tal como fue descrito anteriormente, para el establecimiento de una metodología de selección es necesario identificar y agrupar a los criterios que van a ser considerados, por lo que se requiere desglosar a cada uno de los aspectos identificados. A continuación se presenta un panorama general de subaspectos y factores importantes que deben ser considerados y que conforman cada aspecto, los cuales deben ser "seleccionados para cada caso específico (nótese que esta subclasificación se respeta a lo largo de la metodología y se prefirió en lugar del nombre genérico "criterio"). Los aspectos a seleccionar se consideraran en el siguiente punto.



3.1.2.1. Selección técnica del proceso

En la etapa de la selección técnica del proceso, el análisis debe centrarse en las diferencias técnicas de los procesos de las alternativas tecnológicas que se estén seleccionando a través de una evaluación. De ser posible, estas diferencias deben ser cuantificadas considerando su efecto en la rentabilidad del proyecto. Se proponen los siguientes aspectos, subaspectos y factores a considerar en esta selección aunque en muchos casos y en el caso práctico que se propondrá en el siguiente capítulo no se pueda contar con todos ellos; estos forman parte de la propuesta de este trabajo:

(a) Aspectos técnicos del proceso

1. Concordancia del proceso con las bases de diseño
 - i. Capacidad y factor de servicio
 - ii. Especificaciones de materias primas
 - iii. Especificaciones de productos
 - iv. Condiciones en límites de batería
 - v. Disponibilidad de servicios auxiliares
 - vi. Consideraciones de diseño
 - vii. Flexibilidad
2. Características relevantes del proceso
 - i. Esquema de proceso
 - ii. Equipo
 - iii. Condiciones de operación
 - iv. Rendimientos
 - v. Características especiales de los productos
 - vi. Pre o post tratamientos necesarios
 - vii. Integración térmica
3. Actualización del proceso (obsolescencia)
4. Flexibilidad del proceso
 - i. Materia prima
 - ii. Capacidad de operación (caso crítico)
 - iii. Número de equipos de relevo
 - iv. Automatización
 - v. Efecto en la inversión y en gastos de operación



5. Consumo de materias primas
6. Consumo de servicios auxiliares
7. Consumo de químicos y catalizadores
8. Mano de obra requerida
 - i. Operación
 - ii. Mantenimiento
 - iii. Laboratorio
9. Tratamiento de efluentes
 - i. Normas
 - ii. Sistemas de tratamiento
10. Impacto ecológico de la tecnología.
11. Riesgos implícitos en la tecnología y sistemas de seguridad

(b) Aspectos técnicos complementarios

Estos aspectos que aquí son definidos como "técnicos complementarios", no son de carácter secundario, por el contrario en algunas selecciones pueden ser el factor dominante. Los subaspectos y factores a considerar en ésta selección son los siguientes:

1. Experiencia técnica-administrativa del licenciador
 - i. Número, capacidad y fecha de plantas diseñadas, en operación y en construcción (para plantas nuevas y modernizadas)
 - ii. Número de plantas en fase de diseño
 - iii. Experiencia en fabricación de equipos especiales (o referencias)
2. Experiencia general de los licenciadores en ingeniería, en construcción, en operación y en coordinación de proyectos
3. Información técnica
 - i. Alcance del paquete de diseño de proceso o del paquete de ingeniería básica (dependerá de los servicios solicitados)
 - ii. Calidad de la información técnica suministrada
4. Servicios profesionales adicionales y experiencia
 - i. Procura (nacional y en el extranjero)
 - ii. Supervisión de la expeditación y embarque (nacional y en el extranjero)
 - iii. Supervisión técnica durante la construcción
 - iv. Supervisión de la ingeniería de detalle
 - v. Capacitación del personal
 - vi. Soporte de sistemas de control para la automatización del proceso
 - vii. Supervisión en arranque, pruebas de garantías y operación



5. Características generales
 - i. Estructura organizacional
 - ii. Recursos materiales y humanos
 - iii. Disponibilidad de horas-hombre
6. Programas de trabajo de los servicios ofertados
 - i. Paquete tecnológico
 - ii. Servicios profesionales adicionales
7. Certificación del sistema de aseguramiento de calidad

(c) Aspecto económico-financiero

Como ya se indico, se propone que se agrupen la selección económica y la financiera, esto permite la aplicación de la metodología en los casos en los que los parámetros financieros de rentabilidad no puedan ser determinados debido a la no disponibilidad de la información suficiente para su cálculo. Los subaspectos y factores a considerar son los siguientes:

1. Inversión en terreno, edificios, materiales y equipo
2. Capital de trabajo
3. Economía intrínseca del proceso
 - i. Materias primas
 - ii. Productos.
 - iii. Servicios auxiliares
 - iv. Catalizadores
 - v. Reactivos químicos
 - vi. Mantenimiento
 - vii. Mano de obra
 - viii. Depreciación
4. Costos y forma de pago de los servicios de ingeniería, licenciamiento y servicios profesionales adicionales
5. Parámetros de rentabilidad del proyecto como:
 - i. Tasa interna de retorno (TIR)
 - ii. Valor presente neto
 - iii. Flujo de efectivo descontado
 - iv. Relación beneficio/costo
 - v. Valor terminal
 - vi. Tasa de rendimiento promedio
 - vii. Período de retorno de la inversión



6. Sensibilidad de la rentabilidad del proyecto a:

- i. Materia prima
- ii. Precio del producto
- iii. Inversión
- iv. De producción (punto de equilibrio)
- v. Financiamiento externo

(d) Aspecto contractual

Aunque en algunas ocasiones no se dispone de toda la información necesaria para realizar la selección a través de una evaluación contractual rigurosa, debido principalmente a que son aspectos que pueden entrar en la negociación final de la alternativa tecnológica seleccionada, se propone que se consideren el análisis de los siguientes subaspectos y factores:

1. Ciencia y tecnología

- i. Obligaciones
- ii. Derechos
- iii. Restricciones
- iv. Secrecía
- v. Derechos de patente
- vi. Forma de pago
- vii. Exclusividad (regional, nacional, internacional, etc.)
- viii. Temporalidad

2. Garantía de la información técnica

- i. Tipo, nivel y calidad
- ii. Fechas de entrega

3. Alcance de los servicios técnicos profesionales adicionales

- i. Capacitación del personal
- ii. Responsabilidad del licenciador en la supervisión de la ingeniería de detalle
- iii. Responsabilidad del licenciador en la supervisión de la construcción
- iv. Criterios y procedimientos para pruebas de comportamiento de la planta

4. Garantías del funcionamiento del proceso

- i. Capacidad de la planta
- ii. Consumo de materias primas
- iii. Consumo de servicios auxiliares
- iv. Consumo de agentes químicos
- v. Consumo de catalizadores
- vi. Especificaciones de los productos
- vii. Características de los efluentes
- viii. Período de operación continua de la planta



5. Penalidades por incumplimientos
6. Confidencialidad de la información
7. Acceso a nuevas desarrollos
8. Leyes que rigen el contrato

(e) Aspectos plausibles

Cuando se están seleccionando tecnologías que son parte de proyectos de inversión con un enfoque macro-económico, político, social o ecológico, se propone la definición de otros parámetros que pueden influir en la selección de una tecnología con respecto a otra. Estos son denominados como criterios "plausibles"², es decir aquellos que son dignos de aplauso. Aunque a primera vista se puede percibir que existe duplicación en estos criterios con los ya establecidos, el enfoque es diferente. Esto es conocido en la teoría de evaluación como las diferencias en las visiones del objeto de estudio y que serán necesarias en esta selección. Entre los criterios plausibles que pueden tener un efecto en la selección de alternativas tecnológicas se encuentran los siguientes:

1. Criterios de mercado
 - i. Substitución de importaciones
 - ii. Demanda nueva
 - iii. Exportación
2. Criterios macro-económicos y sociales
 - i. Beneficios regionales (descentralización, distribución del ingreso, uso de materia primas regionales, etc.)
 - ii. Generación de actividad económica
 - iii. Integración de proyectos a los planes nacionales (de desarrollo, tecnológicos, etc.)
 - iv. Generación de empleos
 - v. Balanza de pagos
3. Criterios económico-financieros
 - i. Inversión (tipo, origen, composición, magnitud)
 - ii. Insumos nacionales y valor agregado
 - iii. Rotación de capital (ventas/inversión total)
 - iv. Liquidez (capital de trabajo/inversión fija)
 - v. Costeo incremental
 - vi. Relación producto-capital
 - vii. Ocupación por unidad de capital

² Ídem.



4. Criterios tecnológicos

- i. Disponibilidad de la tecnología (nacional o extranjera, número de tecnólogos; alternativas existentes, antigüedad de las patentes, etc.)
- ii. Sensibilidad a la escala
- iii. Características intrínsecas de la tecnología (potencial de adaptación, de asimilación, dependencia futura, grado de sofisticación, etc.)
- iv. Impacto ecológico de la tecnología (contaminación, manejo de materiales tóxicos, carcinogénicos o peligrosos, aspectos eco-sociales, etc.)

(f) Aspectos estratégico-tácticos

En la selección de tecnologías es esencial la consideración de los aspectos estratégico-tácticos que son normalmente establecidos por la alta dirección. Entre estos se pueden citar:

1. Usan tecnologías de punta. Este criterio se refiere al establecimiento de la condición de usar sólo tecnologías que vayan a la vanguardia
2. Usan tecnologías que incluyan en la transferencia la ventaja comercial de participar en forma directa en ciertos mercados nacionales o internacionales
3. Usan tecnologías que provengan de un tecnólogo con el cual se haya tenido o se tenga un contrato previo. Este criterio se refiere a la conveniencia de lograr una mejor negociación en cuanto al precio de las regalías con un tecnólogo conocido o por la ventaja implícita de tener plantas de la misma tecnología, lo cual implica una aceleración de la curva de aprendizaje para la nueva planta y posibles ahorros en el mantenimiento y reposición de equipo
4. Seleccionar tecnologías que sean ofertadas como "llave en mano". Este criterio se refiere a que puede ser definido por la alta dirección la conveniencia, para un tipo de proyecto específico, de sólo contratar tecnologías "llave en mano", ya sea por que no se cuenta con el equipo de expertos para poder integrar el paquete tecnológico o por que no se desee correr el riesgo de la dilución de responsabilidad cuando éste es desagregado
5. Congruencia de la tecnología con la estrategia tecnológica de la organización

(g) Aspectos normativos

En estos se agrupan los criterios relacionados con la normatividad que debe cumplir el proyecto

1. Leyes y reglamentos para compras del sector público
2. Tratados de libre comercio entre México y otros países
3. Tratados, leyes y reglamentos sobre propiedad industrial



4. Leyes y reglamentos sobre seguridad e higiene
5. Tratados, leyes, reglamentos y normas sobre manejo de sustancias peligrosas
6. Tratados, leyes, reglamentos y normas ecológicas

Una vez identificados, agrupados y desglosados los aspectos que deben ser considerados en la selección es importante establecer la metodología mediante la cual se calificaran e integrarán cada uno de los aspectos, subaspectos y factores anteriormente descritos.

Es importante notar que para aplicar la metodología de selección es necesario contar con información suficiente y personal especializado. En relación a la información, se requiere establecer buenas bases de licitación (bases de concurso), en donde se les solicite a los tecnólogos la información requerida para aplicar la metodología propuesta. Esto origina que las bases de licitación deban ser congruentes con la metodología de selección que se vaya a aplicar.

En relación al personal especializado para la aplicación de la metodología, éste debe ser un grupo multidisciplinario con formación mínima a nivel profesional, con conocimientos en: procesos, ingeniería económica, ingeniería financiera, leyes y reglamentos (jurídicos) y transferencia de tecnología, como se ha propuesto anteriormente.

3.1.3. Metodología de la selección

La metodología propuesta toma como base que existen siete aspectos básicos (técnico del proceso, técnico complementario, económico-financiero, contractual, plausibilidad, estratégico-táctico, y normativo) que deben ser considerados en la selección de alternativas tecnológicas dentro de proyectos de inversión. Y se basa en la identificación de criterios restrictivos que



pueden ser utilizados como "filtros", que ayudan a la discriminación de las diversas alternativas tecnológicas que se están evaluando-seleccionando; esto se puede ver en la figura 3.1. Después de esta discriminación preliminar se puede pasar, en función de la información disponible, a una selección económico-financiera o una del tipo matricial, las cuales se describirán más adelante.

Mediante esta integración de conceptos, la metodología presenta la flexibilidad de poder ser aplicada a cualquier tipo de proyecto de inversión que involucre tecnologías de proceso en industrias químicas. La metodología propuesta puede ser aplicada en los siguientes casos:

- Construcción de una o más plantas nuevas
- Adición de una nueva planta dentro de un complejo existente
- Modernización de una planta existente

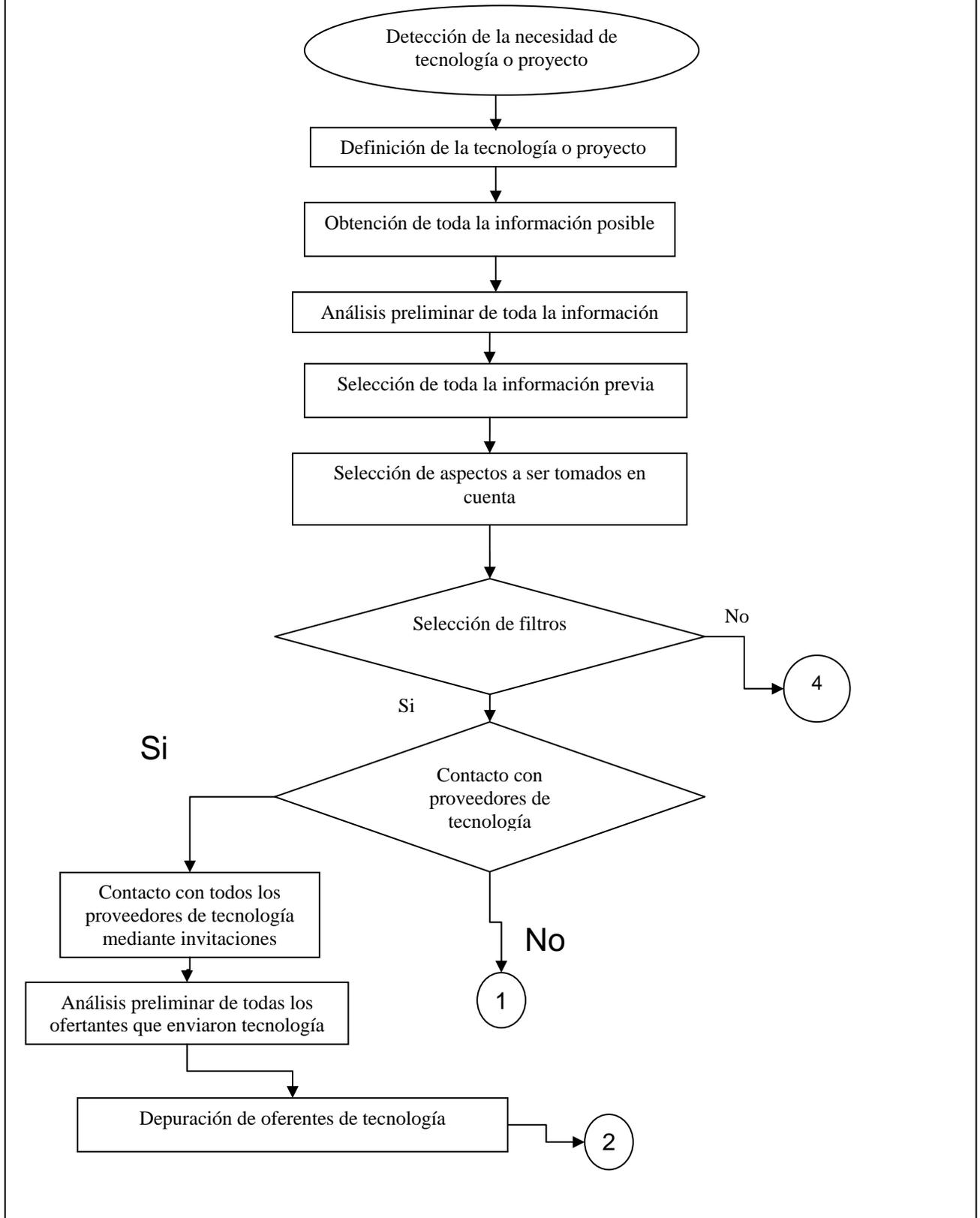
La utilización de criterios restrictivos (filtros) para descartar desde el principio las alternativas que no cumplan con las restricciones impuestas en las bases de concurso que puede significar un ahorro de esfuerzos en el proceso de selección, ya que normalmente se requiere de la participación de un grupo interdisciplinario de expertos para llevar a cabo esta tarea.

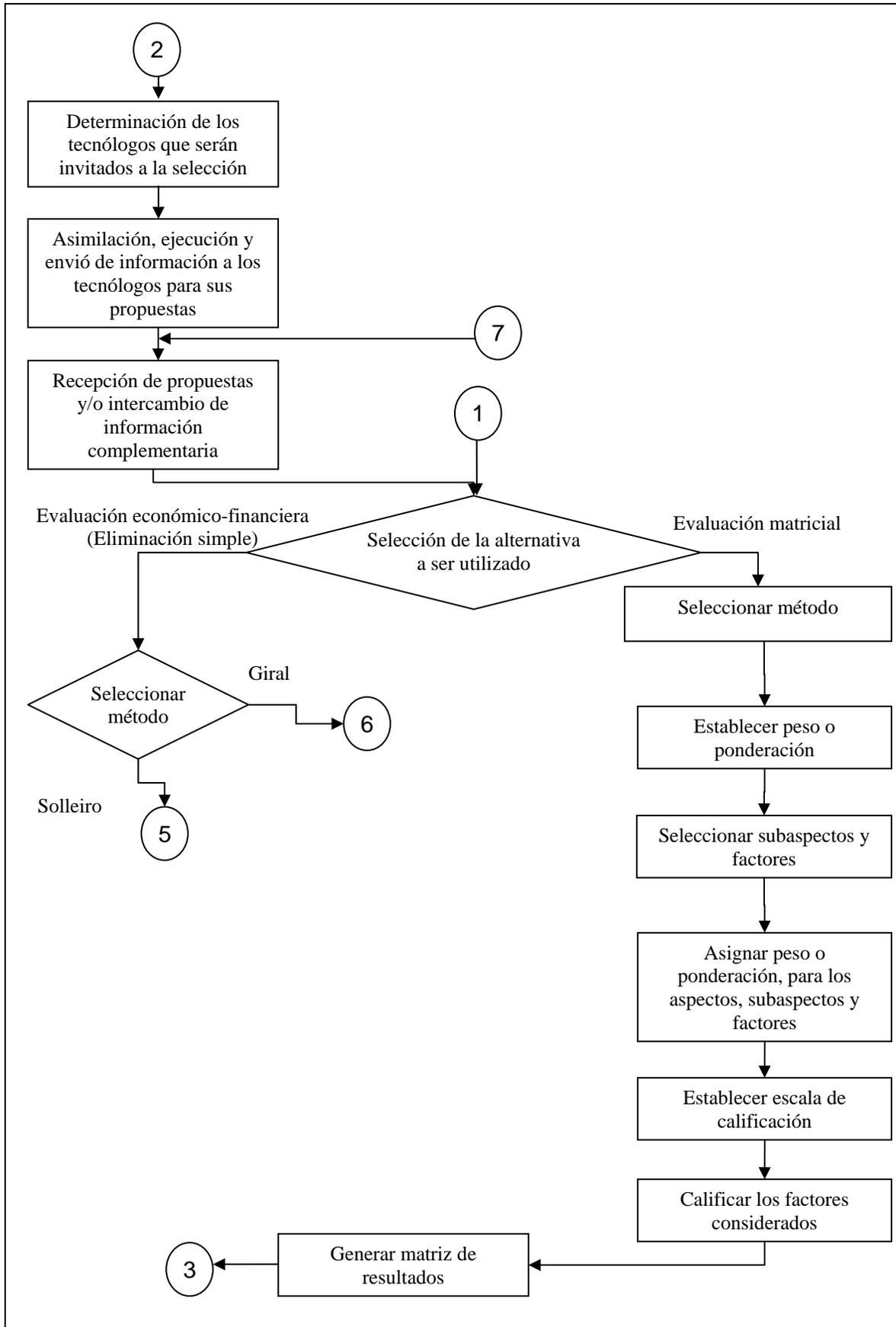
Por otro lado, esta metodología presenta flexibilidad al poder seleccionar la técnica o método de análisis y selección de alternativas en base al tipo de proyecto y a la información disponible.

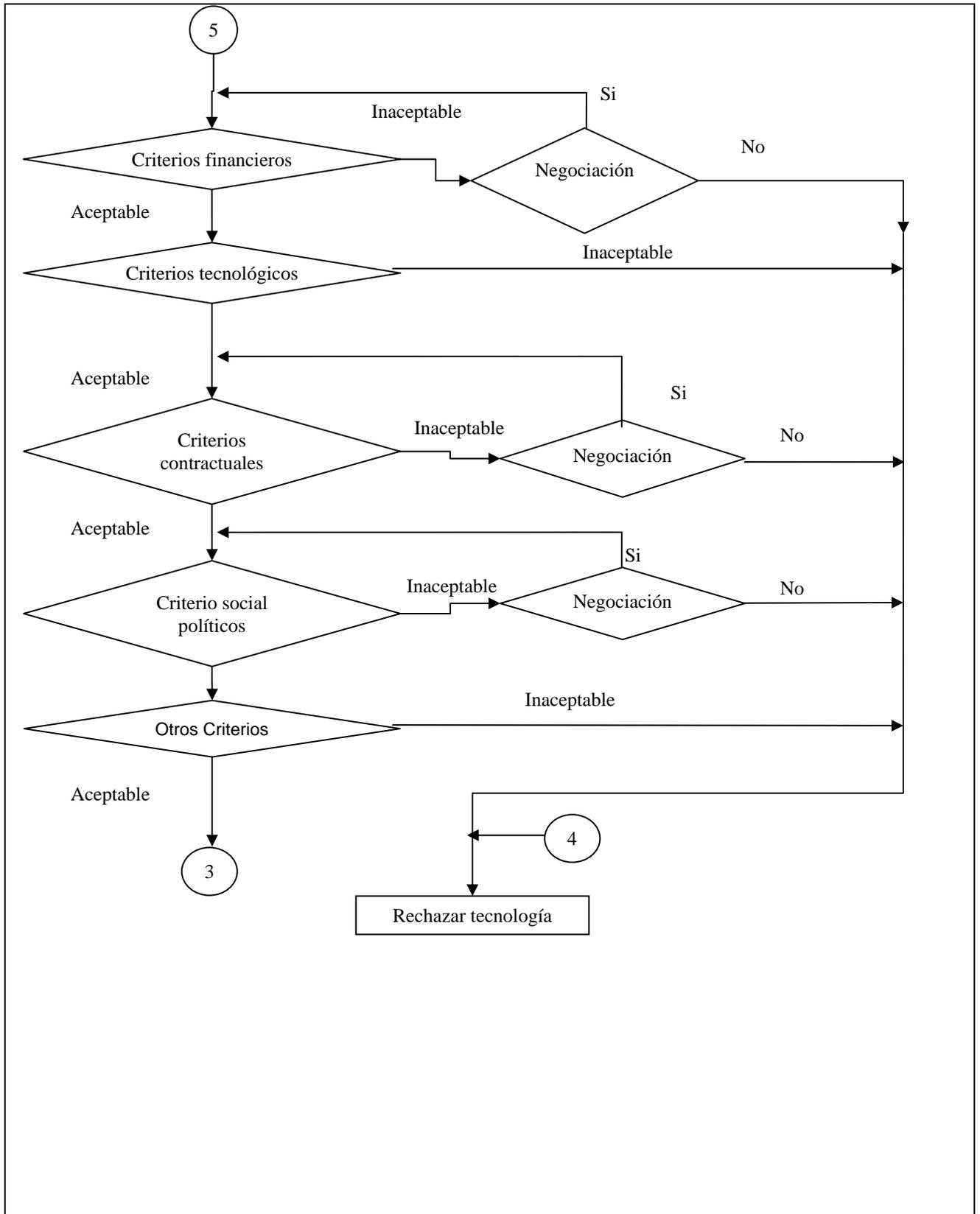
La metodología considera la selección de alternativas tecnológicas de proceso a partir del punto concerniente al procesamiento de información, mediante una evaluación y consiste en los pasos que se muestran esquemáticamente en la figura 3.7. En ella se hace referencia a la integración y seriación de los filtros, la ubicación de la evaluación económico-financiera, parte esencial de la selección, además la posibilidad de la integración de otros criterios y la selección final de la mejor o mejores alternativas.

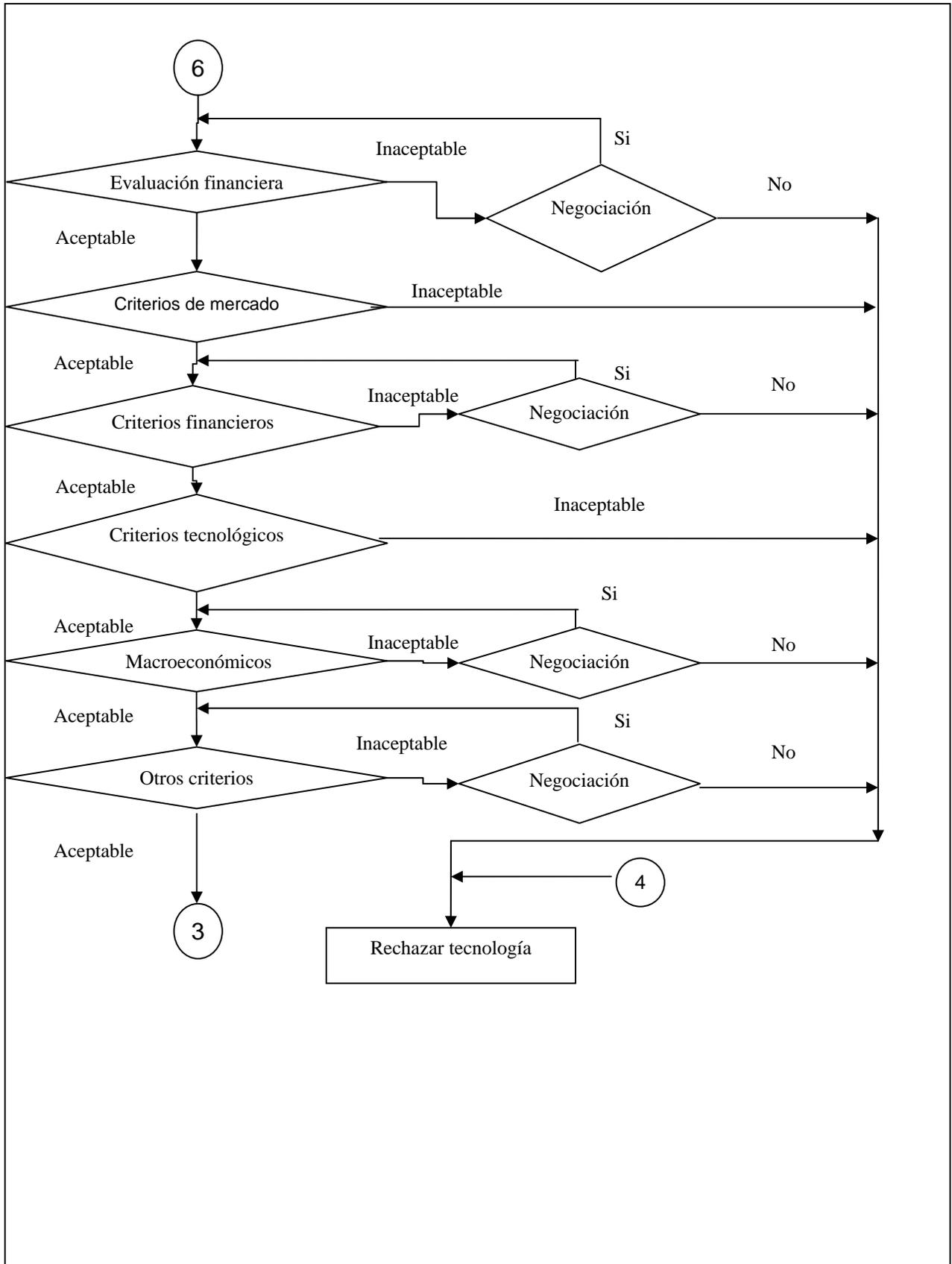


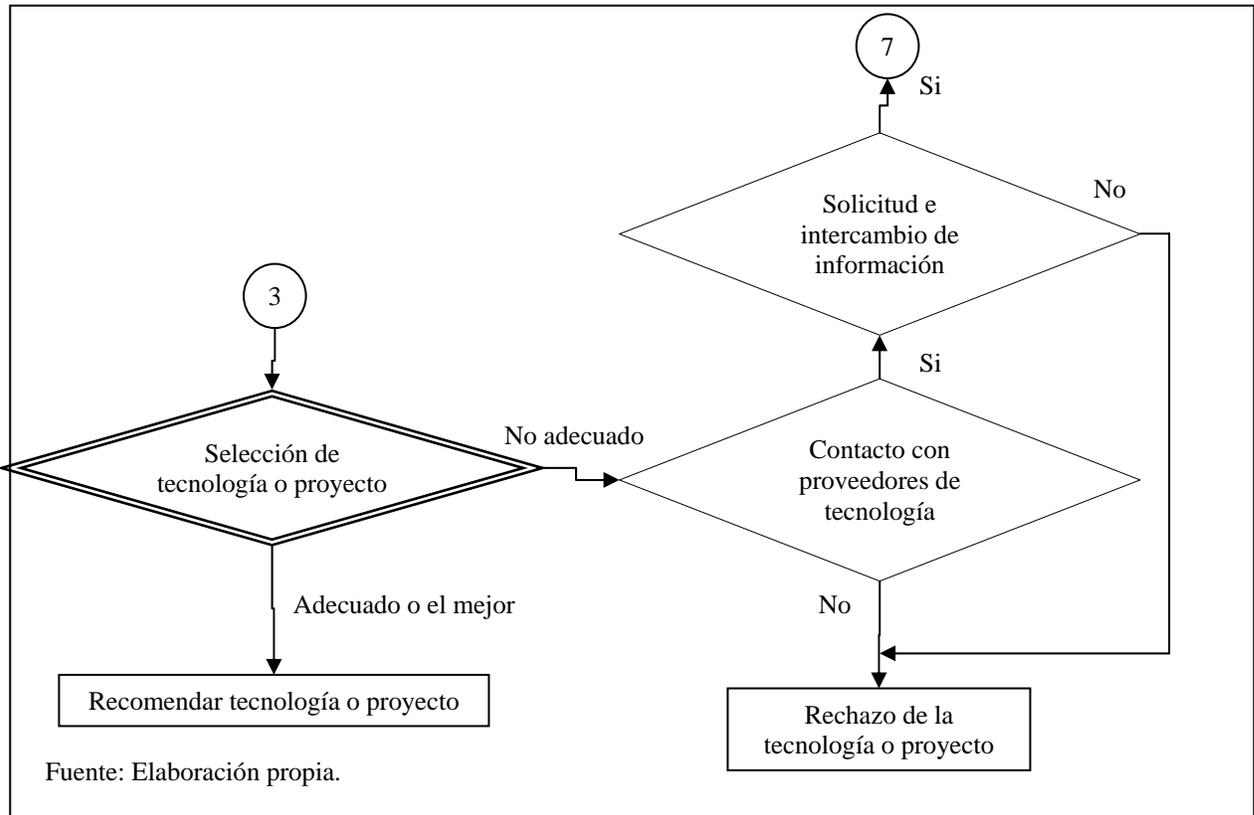
Figura 3.7
Metodología propuesta para la selección de procesos











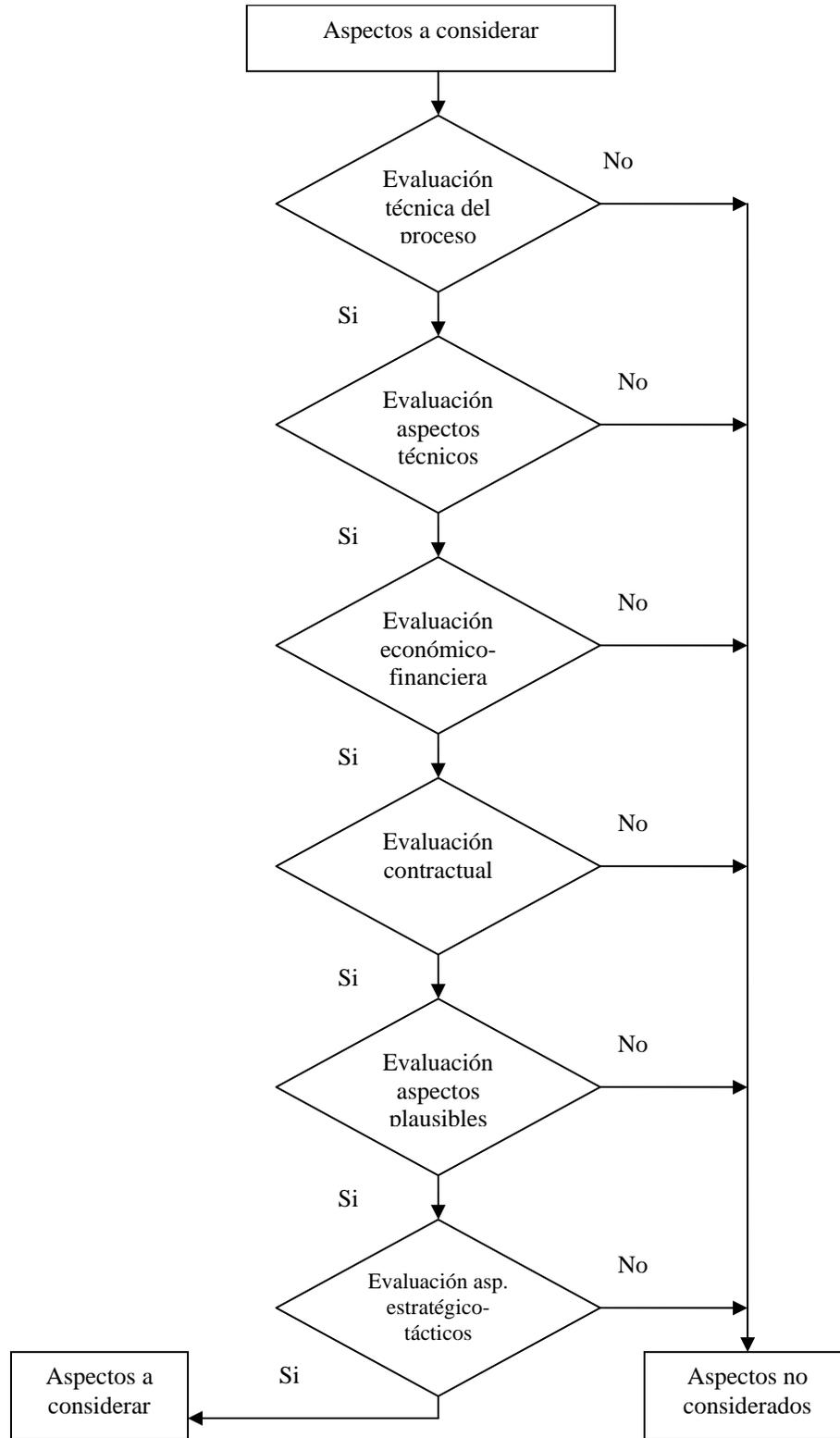
La metodología propuesta para la selección puede ser clasificada como una mezcla de técnicas cuantitativas con cualitativas, lo que da una gran flexibilidad.

El procedimiento de la metodología propuesta es el siguiente:

1. Se ha estado explicando anteriormente la definición y detección de la necesidad de una tecnología es la piedra inicial de la metodología, ya que partir de ese punto se empezará el estudio.
2. Una vez definida la tecnología o proyecto en la cual se pretende hacer la selección, se puede empezar la recopilación de toda la información disponible y posible.
3. Con toda la información disponible ya se puede hacer un análisis preliminar.
4. Con el análisis anterior se puede proceder a una selección preliminar de toda la información, la cual puede ayudar a una simplificación de todo el procedimiento.
5. La definición de los aspectos o factores a considerar dentro de la selección y la determinación de los mismos nos ayuda a establecer los aspectos que se han de utilizar en la metodología como se puede ver en la figura 3.8.



Figura 3.8
Diagrama de flujo de los aspectos a evaluar dentro de la selección de tecnologías



Fuente Elaboración propia.



6. Dentro de los aspectos considerados, identificar los subaspectos o factores que pueden ser utilizados como criterios restrictivos (filtros). Estos criterios deben ser congruentes con la información disponible o solicitada a través de las bases de licitación a los tecnólogos.

Aquellos tecnólogos, cuya propuesta presente un valor mayor o menor en relación al valor del **filtro** (definido como el mínimo o máximo esperado, según corresponda el caso), podrán pasar al segundo nivel de discriminación. Los que resulten rechazados en este punto, saldrán de consideración para cualquier selección posterior dentro del estudio.

De acuerdo con las características de cada caso es posible la inclusión de tantos filtros como sea necesario (ver figura 3.7). Ejemplos típicos de subaspectos o factores que pueden ser considerados como **filtros** son los siguientes:

- a) Niveles máximos permitidos de contaminación establecidos en las normas ecológicas
- b) Criterios de riesgos implícitos en la tecnología, ya sea por el manejo de sustancia tóxicas o relacionados con aspectos operativos
- c) Cantidad de inversión requerida para la ejecución del proyecto
- d) Tipo de proceso (batch, semi-continuo, continuo)
- e) Alcance del paquete de diseño de proceso o paquete de ingeniería básica
- f) Requerimientos de proyectos llave en mano
- g) No-condicionamiento del licenciamiento de la tecnología a participación fraccionaria
- h) Especificaciones de productos
- i) Características especiales en el proceso (regeneración "in-situ", sistemas de separación, etc.)
- j) Otros

Se recomienda que los **filtros** sean colocados en orden de menor a mayor grado de complejidad con el objetivo de ahorrar tiempo en el proceso global de evaluación, además de que se proporcionar implícitamente una ponderación de los puntos.

En la identificación de los filtros es importante tomar en cuenta que estos pueden ser obtenidos por contrastación (comparación), por abstracción (análisis de lo deseado) o por imposición (cumplimiento de directrices estratégicas dictadas por la alta dirección o cumplimiento con la normatividad ecológica, jurídica, política, etc.).

7. El contacto con los proveedores de tecnología es de suma importancia ya que en la mayoría de los casos ese es el propósito, seleccionar un proceso de varios existentes, por lo que la decisión del contacto con proveedores se hará en este momento.
8. Si se decidió contactar con tecnólogos, el procedimiento más detallado se encuentra en la figura 3.4 y si sólo se hará una selección sin contacto con proveedores de tecnología o proyectos se pasara a la selección del método.
9. Decidir, en base a la información disponible, si se utilizara un criterio económico-financiero como criterio discriminativo para la selección y cual será usado (valor presente neto, tasa interna de retorno, período de recuperación de la inversión, etc.). Si éste fuera el caso pasar al siguiente punto. En caso contrario pasar al Punto 12 la evaluación matricial.



10. Si se opta por utilizar un criterio económico-financiero (el cual corresponde a una técnica cuantitativa), es importante asegurarse que las diferencias tecnológicas se evalúen económicamente, es decir, que las ventajas puedan ser cuantificadas y su efecto se refleje en el criterio económico-financiero seleccionado antes de proceder con un método más detallado como pueden ser los de Giral y Solleiro³. Cabe destacar que estos métodos de evaluación y selección también pueden ser utilizados en la técnica matricial.

En la definición del valor mínimo o máximo esperado de éste, se pueden utilizar valores nacionales ó internacionales de rendimiento empresarial en función del sector productivo a que pertenezca el proyecto. Es conveniente tomar en cuenta que los valores utilizados en las estimaciones de parámetros de rentabilidad económico-financiero, al ser a futuro, no poseer una precisión tal para ser tornados como definitivos en la decisión de no considerar las ofertas tecnológicas que proporcionen valores muy próximos o esperado, por lo que se recomienda sólo definir un nivel aceptable antes de pasar al siguiente paso del proceso de evaluación. Con esto en mente, se procede a discriminar a las alternativas tecnológicas que no cumplan con el criterio económico-financiero establecido y se pasa al Punto 11 de la metodología propuesta.

11. En este punto se puede estar seguro que las alternativas que han pasado reúnen características técnicas y económicas satisfactorias. Ahora se puede pasar a selección otros criterios o condición para compararlas con aquellas que se esté dispuesto a aceptar o bien para seleccionar las más ventajosas (ver figura 3.7) y esto se puede hacer para cada una de técnicas propuestas. En este punto, cuando no se propongan condiciones contractuales aceptables, existe la posibilidad de intentar una negociación con el tecnólogo, cuando éste tenga la disposición de negociar y modificar su posición, puede reconsiderarse su propuesta, en caso contrario deberá ser rechazado ante la existencia de alternativas mejores y esto mismo pasa con algunos de los aspectos de cada metodología.

La información obtenida hasta ahora nos ubica en el punto en que se puede decidir cual propuesta encierra el mayor atractivo además de cumplir con las exigencias técnicas de proceso y los aspectos contractuales pertinentes, etc. Sin embargo, existe la posibilidad de que más de una propuesta resulte atractiva, lo cual resultaría en la necesidad de recurrir a un *paso adicional en la selección*.

Ante la similitud entre la conveniencia técnica, económica y contractual, etc. de las propuestas, como punto de decisión se recurrirá a la contrastación de la experiencia que respalde a cada propuesta (ejemplo: número y capacidad de plantas en operación, en construcción, en diseño, años acumulados de operación de las plantas, etc.).

En este paso del proceso de evaluación se pueden presentar dos situaciones:

- a) Varias alternativas tecnológicas presentan similares o muy parecidas características técnicas, económico-financieras, contractuales, de experiencia, etc. Si este es el caso, la selección de cualquiera de ellas es conveniente. Por lo que se recomienda ir a la negociación final por lo menos con dos o tres de ellas.

³ Estas metodologías se encuentran detalladas en el capítulo 2.



- b) Una alternativa presenta ventajas con respecto a las otras. En este caso se seleccionará a ésta. Sin embargo, es conveniente no descartar a las siguientes dos menos atractivas, ya que se puede presentar el caso de tener dificultades en la etapa de la negociación final.

A la ejecución de esta etapa, se da por concluido el proceso de evaluación basado en parámetros económico-financieros y se pasa a la etapa de selección de alternativas tecnológicas.

12. Si se optó por la técnica matricial (la cual corresponde a un método cualitativo), se deberá escoger el método (cualquiera de los descritos en el capítulo 2) más adecuado o el que se considere con más ventajas para la selección, cabe destacar que se puede también utilizar los métodos de Giral y Solleiro del capítulo 2, sólo que se le dará el enfoque siguiente.
13. Se procede a asignar el peso o ponderación a cada uno de los aspectos considerados (P_i).

Después de que las categorías se establecen, cada uno debe valuarse según su importancia percibida. Los pesos deben ponerse antes de cualquiera de las propuestas se evalúe, para ser justo con todos los candidatos. El total del factor de valoración (o ponderación) debe ser 100.

En donde:

$$100 = \sum P_i$$

14. Seleccionar para cada aspecto, los subaspectos $\{(SA) i\}$ y factores (F_i) que van a ser evaluados (ver subcapítulo 3.1.2 "Desarrollo de la metodología"). Si existe información suficiente que permita evaluar los parámetros de rentabilidad del proyecto, se recomienda que el aspecto "evaluación económico-financiera no se subdivide y se utilice sólo el parámetro de rentabilidad económico-financiero que se considere conveniente. Un ejemplo de este paso se presenta a continuación, la cual corresponde al aspecto técnico de un proceso cualquiera, en donde sólo hay que decidir si se acepta o no.

Aspecto: "evaluación técnica del proceso"

a. 1 Subaspecto

Concordancia del proceso con las bases de diseño

➤ Factores

- Capacidad y factor de servicio
- Especificaciones de materias primas
- Especificaciones de productos
- Condiciones en límites de batería
- Etc.

a. 2 Subaspecto

Características relevantes del proceso



- Factores
 - Equipo
 - Condiciones de operación
 - Rendimientos
 - Características especiales de los productos
 - Etc.

- a. 3 *Subaspecto*
Actualización del proceso

- a. 4 *Subaspecto*
Flexibilidad del proceso
 - Factores
 - Materia prima
 - Capacidad de operación
 - Número de equipos de relevo
 - Automatización
 - Efecto en la inversión y en gastos de operación
 - Etc.

- a. 5 *Subaspecto*
Consumo de materias primas, químicos y catalizadores

- a. 6 *Subaspecto*
Consumo de servicios auxiliares
 - Factores
 - Vapor (baja, media, alta).
 - Electricidad
 - Agua de enfriamiento
 - Etc.

- a. 7 *Subaspecto*
Mano de obra requerida
 - Factores
 - Operación
 - Mantenimiento
 - Laboratorio
 - Etc.

- a. 8 *Subaspecto.*
Tratamiento de efluentes
 - Factores
 - Normas
 - Sistemas de tratamiento
 - Etc.



a. 9 *Subaspecto*

Impacto ecológico de la tecnología

a. 10 *Subaspecto*

Riesgos implícitos en la tecnología

15. Definir las ponderaciones o pesos en fracción para los subaspectos y factores de cada uno de los aspectos considerados, bajo la base de que la suma sea uno.

$$1 = \sum W_i \text{ (para los subaspectos considerados).}$$

$$1 = \sum w_i \text{ (para los factores considerados en cada subaspecto).}$$

16. Establecer una escala de calificación (C_i) y características máximas y mínimas de los factores considerados para calificar los atributos de los factores.

Esta forma de asignar calificación permite una mejor diferenciación de los factores a calificar. En esta propuesta no existen las calificaciones 2 y 4, ya que lo que se planea es un valor máximo que refleje la mejor opción, un valor mínimo que refleje la poca contribución, un valor medio, que de paso a una calificación promedio y un valor inaceptable que da paso a la discriminación del atributo, esto es:

Escala de calificación para atributos (Valor del criterio)

Descripción calificación (C_i)

- Atributo no disponible
 $C_i = 0$
- Calificación mínima (pobre en este atributo)
 $C_i = 1$
- Calificación media (atributo promedio)
 $C_i = 3$
- Calificación máxima (excelente en este atributo)
 $C_i = 5$

Para definir la calificación máxima y mínima se recomiendan los siguientes criterios:

- a) Usar como calificación máxima la mejor opción de las alternativas tecnológicas.
- b) Usar como calificación mínima lo mínimo esperado, por ejemplo: la tasa interna de retorno (TIR).
- c) En algunos factores técnicos de proceso usar como calificación máxima el "techo tecnológico" de la dimensión tecnológica que se esté evaluando, es decir, el valor máximo reportado en la literatura.

La dimensión tecnológica se define como la relación de variables técnicas que caracterizan a una tecnología, ejemplo: rendimiento, relación carga/catalizador, etc.



- d) Para algunos factores la máxima calificación puede ser establecida en función de los servicios esperados, ejemplo: contenido del paquete de diseño de proceso (o paquete de ingeniería básica), garantías, etc.

Las características máximas y mínimas de cada factor deberán ser definidas, para el cual se requiere contar con un grupo de expertos en la materia o una buena recopilación de información.

Aunque aquí se recomienda aplicar una escala de 1 a 5 en donde el 2 y el 4 no existen, se pueden presentar situaciones en donde utilizar la escala de 1 a 5 considerando el 2 y el 4 sea una mejor opción.

Cabe destacar que otra forma puede ser asignando valores de 0 a 10, como proponen algunos autores por ejemplo Landis y Landon⁴.

17. Calificar los factores considerados usando la escala descrita en el punto anterior.
18. Generar la matriz con los resultados de la evaluación y hacer los cálculos pertinentes para obtener la evaluación total de cada alternativa tecnológica. Estos cálculos pueden ser representados con la siguiente ecuación:

$$(\text{Calificación total de tecnología})_i = \sum_{k=1}^{nA} P_k \left(\sum_{j=1}^{nSAk} \left(W_j \sum_{i=1}^{nFj} w_i C_i \right) \right)$$

Donde:

- P_k = Porcentaje del aspecto k
- n_A = Número de aspectos considerados
- n_{SAk} = Número de subaspectos considerados para cada aspecto k.
- n_{Fj} = Número de factores considerados para cada subaspecto j.
- W_j = Fracción del subaspecto j
- w_i = Fracción del factor i
- C_i = Calificación del factor i

Un formato típico de una matriz se presentó en el capítulo 2 en la propuesta de Landis (tabla 2.15), en la cual se deben mostrar, al detalle que se desee, los aspectos, subaspectos y factores que hayan sido considerados dentro del proceso de evaluación, las ponderaciones y calificaciones para cada tecnólogo.

19. Ahora se puede seleccionar la tecnología o proyecto.
20. Se selecciona la que obtenga mayor puntuación y las dos inmediatas inferiores. Estas se recomiendan, priorizadas de mayor a menor.

⁴ Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineering*, (1984), October 1, 91



La cuenta máxima es de 1000 puntos. Un cuenta de 700 o es más que aceptable, para un candidato. Claro, que en una cuenta de 700 o más no se determina que todas las categorías hayan sido aceptables; la cuenta de cada categoría deberá utilizarse para determinar las fuerzas o debilidades. Algunos necesitaran algunas mejoras durante las negociaciones con los candidatos.

21. Cabe destacar que si es necesario se puede en este punto ponerse en contacto con los proveedores de tecnología y según sea el caso solicitar un intercambio de información de la alternativa tecnológica o el rechazo de la misma.

Es posible que un candidato pudiera tener una deficiencia inaceptable en una o más categorías de la evaluación y todavía logre una cuenta total alta. Sin embargo, para una situación rara, generalmente, las deficiencias en una categoría permiten evaluar otras categorías altas. En la suma, se eliminarán normalmente los candidatos que durante el proceso preliminar fueron protegidos e intentaron conseguir el trabajo en su favor a pesar de que no reunían todos los requisitos. No obstante, si pasa esta situación, un concedente no debe ser considerado a menos que pueda cambiar su posición.

22. Para terminar se continua con la elaboración del reporte final de la tecnología o proyecto seleccionado y según sea el caso se pasaría al proceso de negociación final.



Conclusiones

Dentro del marco del método de la selección de tecnologías, se puede decir que el proceso de selección de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión, es una actividad de análisis tendiente a exponer, de manera sistemática, las características integrales de relevancia asociados a proyectos de inversión, con el objeto de lograr una decisión en la que se observe, por un lado, el mejor balance entre los beneficios financieros, económicos-tecnológicos, la calidad de los servicios recibidos y los compromisos incurridos por el otro.

Es importante resaltar que en el marco de la selección y la metodología propuesta se logró un método que integra las propuestas presentadas durante el capítulo que toma en cuenta todos los factores y subfactores de cada una de las propuestas y que puede ser utilizada por empresas privadas, públicas o sólo para trabajos académicos de investigación de tecnología.

La metodología presentada integra todos los factores de la evaluación de procesos, conjuntado dichos factores o categorías para obtener una buena selección de procesos o tecnologías. Al hacer una evaluación previa se puede seleccionar y depurar toda la información disponible, así como los procesos o tecnologías que no cubren el perfil que se busca.

La metodología propuesta, integra varios factores y subfactores de los métodos presentados en el capítulo 2, dándoles un enfoque orientado a la selección de procesos, incluso a dos de estos métodos les da un punto de vista diferente, tal es el caso de los métodos presentados por Giral y Solleiro.



Parte esencial de este capítulo es que la metodología propuesta, es aplicable para empresas publicas o privadas, para donde los procesos implican o no contacto con proveedores de tecnología; integrando así la negociación a la metodología. Al seleccionar la alternativa a ser utilizado; ya sea una evaluación matricial o una evaluación simple, en donde la última va descartando los procesos o tecnologías, de acuerdo a un parámetro muy sencillo, se acepta o no, descartando las tecnologías no aptas, que fueron aceptadas con un interés particular.

La evaluación matricial, permite establecer peso o ponderaciones a las categorías de cada proceso, que conjuntado con la asignación de calificaciones a los factores considerados, que permite hacer una matriz de resultados donde se comparen en forma sencilla cada proceso a seleccionar, y que da por resultado una selección precisa del mejor proceso y por último nos da la pauta para sí es necesario tener un nuevo contacto con los proveedores de procesos o tecnologías.

La metodología propuesta puede ser utilizada, con dos vertientes de información una de ellas es la que se presentará en el siguiente capítulo y es la que es puramente académica, donde la información sobre procesos y tecnologías, se encuentra en la literatura y la otra con la información que se dispone mediante el contacto de proveedores.

CAPÍTULO 4

Caso práctico:

El ácido láctico



Este capítulo tiene objetivo aplicar la metodología propuesta, que se expuso en el capítulo anterior, en donde se aplicarán, los filtros propios del método, así como la selección de uno de los métodos descritos en el capítulo 2, que permitan la aplicación de la metodología propuesta.

Este caso práctico tiene como objetivo la aplicación de la metodología propuesta y se hará mediante la descripción de un producto muy importante en la industria química de los alimentos que es el ácido láctico; para esto se mostrará la información disponible sobre este producto, así como de varios procesos para su obtención.

Toda la información presentada, se filtrará y se seleccionará, mediante los conductos del método propuesto, se presentarán ventajas y desventajas de cada proceso y se aplicará la metodología propuesta, para obtener un resultado simple, que no de pie a incertidumbre alguna.

Por último con la ayuda de un caso anterior, el cual presenta una selección de tecnologías, se realizará una comparación, de la metodología propuesta y se presentarán los resultados de la selección, mediante una tabla resumida del método propuesto, aplicado al caso práctico.



4.1. Generalidades

Para poder llevar a cabo un proceso es prioritario en primera instancia, hacer una investigación de las características principales del producto, sus usos actuales y potenciales, mencionando las características del ácido láctico, sus propiedades físicas y químicas, así como los métodos de obtención, usos, sus derivados, grados industriales, recuperación, extracción y purificación.

4.1.1. Descripción del ácido láctico

El ácido láctico es una composición de: (ácido 2-hidroxiopropanoico, ácido α -hidroxipropiónico) $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$, de peso molecular 90.08; con C 40.00%, H 6.71% y O 53.29%, es una ácido alifático sustituido y pertenece al grupo de los α -hidroxiácidos. El ácido 2-hidroxiopropanoico es el hidroxiácido más sencillo entre los que contienen un átomo de carbono asimétrico y existe en dos isómeros ópticamente activos pero puede encontrarse en una forma racémica ópticamente inactiva, la cual es una mezcla equimolar de los dos primeros.

Este ácido se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, lo cual lo hace de interés e importancia. La mayor parte de los estudios sobre el ácido láctico eran en relación con fenómenos fisiológicos, con la estereoquímica y campos afines. Los trabajos encaminados a identificar las diferentes formas de ácido tropezaron con el obstáculo de sus propiedades físicas desfavorables, ya que por ser muy soluble en agua y en disolventes orgánicos miscibles



en agua e insoluble en la mayor parte de solventes orgánicos, su obtención era difícil y con el resultado de que los productos de la reacción eran impuros.

Los descubrimientos de la química del ácido láctico permitieron el desarrollo de métodos de producción del ácido a escala industrial. La fabricación y el desarrollo de los usos industriales del ácido láctico fueron realizados por norteamericanos en los principios de la industria del ácido láctico. La primera fábrica fue establecida por Charles E. Avery en 1881 en Littleton, Massachussets.

El ácido láctico está presente en muchos productos alimenticios, por ejemplo, es el principal componente de la leche agria o cortada naturalmente (de ahí se deriva su nombre) y un componente normal de la sangre y el tejido muscular de los animales. Es un compuesto muy importante en bioquímica, ya que la energía necesaria para la acción muscular es suministrada por la conversión del glucógeno mediante una serie de complicadas reacciones, que se detallaran más adelante.

Ha sido identificado en la fermentación de levaduras y en el licor resultante de la maceración del maíz y también se encuentra presente en coles agrias, los encurtidos, las cervezas, el suero de mantequilla y el queso.

Básicamente el ácido láctico puede ser manufacturado por dos métodos¹ comerciales: fermentación y síntesis. En los procesos de fermentación, cualquier material que posea un alto

¹ Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.



contenido de carbohidratos puede ser utilizado como materia prima; se utilizan diversos microorganismos para producir el ácido láctico, tales como organismo de fermentación homo láctica (Bacter homolactic) del tipo *Lactobacillus Delbruckii*, *Bulgaricus*, *Casei*, *Leichmanii*, etc. El proceso de fermentación consiste en hacer fermentar un carbohidrato, ácido láctico al que se le ha añadido nutrientes minerales, proteínas y carbonatos de calcio en exceso. A medida que se forma el ácido láctico, éste es neutralizado por el carbonato de calcio el cual forma lactato de calcio; e impide el descenso del pH, lo cual inhibiría la fermentación. El rendimiento comercial oscila entre 80% y 90% en peso de la hexosa fermentable, ya que parte del carbohidrato es metabolizado por las bacterias.

Además el ácido láctico puede sintetizarse por varios métodos:

- Degradación de azúcares con cal o hidróxido de sodio
- Reacción entre el acetaldehído y el monóxido de carbono a temperatura y presión elevadas
- Hidrólisis de cianhidrina de acetaldehído
- Hidrólisis del ácido 1- cloropropiónico

Los métodos de sintéticos son generalmente más caros que la fermentación y por esta razón no se emplean mucho hoy.

En los procesos de obtención del ácido láctico, se presentan problemas importantes de corrosión, dificultando la fabricación, el almacenamiento y el transporte del mismo. Los metales más adecuados para la fabricación de los equipos de proceso son:

- Níquel
- Aleaciones de hierro con níquel
- El inconel
- Aleaciones de níquel – cromo
- Acero inoxidable tipo 316
- Plata y tantalio
- Así como la madera (para soluciones diluidas)



La plata y el tantalio son muy caros, actualmente se utiliza acero inoxidable tipo 316, por ser altamente resistente y de precio accesible.

4.2. Propiedades físicas y químicas

El ácido láctico suele obtenerse en forma de líquido siruposo (viscoso, con aspecto de jarabe) o en forma cristalina pura, por medio de la destilación a presiones bajas seguida de recristalización. El ácido láctico se presenta en tres formas:

- ❖ Ácido láctico levógiro
- ❖ Ácido láctico dextrógiro (conocido como ácido zarcólactico)
- ❖ Y la mezcla racémica, ópticamente inactiva

Los procedimientos comerciales de fermentación bacteriana producen la mezcla racémica.



D (-) ácido láctico

L (+) ácido láctico

El ácido láctico es extremadamente soluble en agua y en soluciones miscibles en agua, pero insoluble en otros solventes orgánicos. Las constantes físicas de la forma racémica del ácido láctico son²:

Gravedad Específica, 15/4	1.249
Punto de fusión °C	16.8
Punto de ebullición °C	122.0 (a 14 mm de Hg.)

Estructuralmente, el ácido láctico es un ácido orgánico de 3 carbonos: un átomo de carbono terminal es parte de un grupo ácido o carboxil; el otro átomo de carbono terminal es parte de un grupo metil o hidrocarburo y un átomo central que tiene ligado un grupo alcohol.

² Ídem.



Las propiedades de las soluciones acuosas de ácido láctico son especialmente importantes, ya que el ácido suele manejarse en solución. La composición de soluciones diluidas con menos del 20% de ácido láctico corresponde esencialmente al ácido láctico monómero y agua. Las soluciones más concentradas son complejos en virtud de la facilidad con que el ácido láctico, cuando se calienta sufre la autoesterificación de los llamados ácidos polilácticos con diversas longitudes de cadena.

La composición del equilibrio del ácido láctico depende de la concentración. Las propiedades físicas y termodinámicas del ácido láctico se presentan en la tabla 4.1.

El ácido láctico en virtud de sus grupos funcionales hidroxilo y carboxilo, sufre autoesterificación cuando se calienta, formando poliésteres lineales además de lactida. El ácido láctico muestra las reacciones típicas de los ácidos orgánicos, experimenta fácilmente esterificación con muchos alcoholes y se han preparado numerosos ésteres lácticos por esterificación catalizada por un ácido. Los ésteres lácticos se hidrolizan más fácilmente que los ésteres de los ácidos grasos, como el ácido acético; sufren fácilmente la alcoholisis con diversos alcoholes.

El ácido láctico muestra muchas de las reacciones características de los alcoholes, así puede esterificarse con ácidos orgánicos, anhídridos y cloruros ácidos. Puede alquilarse con diazometano y sulfato dimetílico. Las reacciones más características que puede experimentar el ácido láctico son:

- Xantación con bisulfuro de carbono
- Dehidrogenación u oxidación para formar ácido pirúvico o sus derivados



Tabla 4.1 Propiedades físicas y termodinámicas del ácido láctico	
Propiedad	Valor
Densidad g/ml a 20 °C	1.2243
Viscosidad* , mPa.s (=cP)	36.90
Constante de disociación, pK	3.862
Capacidad calorífica, J/(gK) ^a Cristalino	1.41
Líquido, a 25 °C	2.34
Calor de disociación a 25 °C J/mol ^a	-363
Calor de solución, L (+) a 25 °C J/mol ^a	7.79
Energía libre de disociación kJ/mol ^a	20.9
Calor de fusión, kJ/mol ^a Racémica	11.33
L (+)	6.86
Calor de combustión MJ /mol ^a	-1.355
L (+)	-1.343
Calor de formación, MJ /mol ^a	
Cristalino L (+)	-0.693
Solución diluida	-0.686
Energía libre de formación, MJ /mol ^a	
Cristalino L (+)	-0.522
Líquido racémico	-0.529
* 88.6 % en peso de solución a 25 °C	
^a Para convertir J a Cal., dividir entre 4.189.	
Fuente: Raymond Kirk and Donald F. Othmer, <i>Enciclopedia de tecnología química</i> , 3ª. ed. The intercience encyclopedia inc., New York (E. U. A.), 1999, t 13, p 1044.	

4.3. Usos del ácido láctico

El ácido láctico tiene muchos usos y los principales son su empleo en productos alimentarios, fermentaciones y en productos farmacéuticos, aunque tiene numerosos usos industriales en productos no alimenticios de considerable interés en la industria química. Los ácidos se añaden a diversos productos alimenticios para conservar el producto disminuyendo el pH y para mejorar el sabor; la mayoría de las bacterias no viven ni se reproducen en medio ácido y por consiguiente, los ácidos impiden casi todas las putrefacciones producidas por las bacterias. Los ácidos se usan en casi toda la industria alimenticia.

En general, el ácido láctico grado comestible es uno de los principales acidulantes y puede usarse en cualquier clase de alimentos o bebidas y sirve como preservativo en tales productos



alimenticios. Las siguientes propiedades del ácido láctico grado comestible hacen que sea apropiado en gran variedad de productos alimenticios:

- a) Es relativamente no volátil y prácticamente inodoro
- b) Todavía tiene un sabor ácido suave agradable que contrasta con el sabor picante y penetrante de otros ácidos alimenticios, haciéndolo un buen acidulante cuando es usado en combinación con materiales aromáticos en alimentos y bebidas
- c) Sin embargo, es un ácido relativamente fuerte y tiene buen poder preservativo (cuando se usa en una salmuera) o agente de encurtido (cuando se usa con vinagre) e impide los cambios putrefactivos
- d) No oculta ni domina otros sabores
- e) En algunos productos alimentarios impide su alteración
- f) También tiene la ventaja de que distribuido en forma líquida y es fácil de usar

Uno o más de estas propiedades han contribuido al uso creciente del ácido láctico del grado comestible en los alimentos y remedios para animales siendo usado parcialmente para ajustar el pH en diversos productos tales como: cerveza, jaleas y mermeladas, queso, mantequilla, claras de huevos desecadas, aceitunas, extractos saboreadores, jugos de frutas y esencias, limonadas, jarabes, bebidas carbonatadas no alcohólicas, alimentos para bebés, mayonesas, confituras, dulces, nieves y sorbetes. Puede ser también usado como un sustituto para el ácido tartárico y ácido cítrico.

El ácido láctico es usado en la fabricación de cerveza para acidular y para ajustar el pH del agua dura; también para inhibir el desarrollo de las bacterias de ácido butírico en la manufactura de la cerveza durante la fermentación. Puesto que el ácido láctico es formado naturalmente en la fermentación de la mayor parte de la cerveza, el ácido láctico es preferido en lugar de otros ácidos para estos propósitos.

El pH de la jalea debe ser ajustado alrededor de 3.1 a 3.4 para asegurar el cuajado adecuado.

El suave sabor del ácido láctico produce un producto de mejor sabor que la mayoría de otros



ácidos alimenticios y también hace que la jalea coagule más lentamente su uso elimina la necesidad de un proceso de disolución distinto tal como el requerido cuando el ácido cítrico a ácido tartárico son utilizados.

El pH de los quesos procesados es generalmente ajustado a 4.8 a 5.1 con ácido láctico como una medida preservativa. Pequeñas cantidades son adicionadas a la mantequilla no salada por la misma razón. El ácido láctico es la selección natural debido a que es normalmente encontrado en todos los tipos de productos de la leche agriada.

El ácido láctico es usado para ajustar el pH de las claras de los huevos antes de que sean secadas. A un pH de casi 4.8 las claras llegan a ser bastante delgadas para permitir el fácil asentamiento de trozos de cascarón y otras partículas extrañas. Así, el ácido láctico asiste en la eliminación de estas partículas indeseables.

El ácido láctico también es usado como un acidulante por un gran número de otros alimentos, tales como sopas, sauerkraut (col agria o berza fermentada), carne picada, adobos, salmueras, escabeche, conservas en vinagre, en la preparación de encurtidos, pectina líquida, azúcar cande, en los productos de panadería y/o repostería y de la misma manera en alimentos ácidos en conserva.

El ácido láctico puede ser usado en la curación de la carne y en productos vegetales y pescado enlatado.



En el empaquetado de aceitunas del tipo estándar, el ácido láctico es el ácido de selección para ajustar el pH de la salmuera en la manufactura de aceitunas verdes en vinagre.

Da una salmuera clara y resulta en vida prolongada en anaqueles y sabor perfeccionado.

El ácido láctico también se utiliza en las alcachofas y otros productos para hacerlo cocer a temperaturas bajas y en los espárragos y otras hortalizas para que no se oscurezcan al cocerlos. En mayonesas, el ácido láctico puede ser usado para detener los desperdicios bacterianos. Las aves de corral que son tratadas con ácido láctico muestran menos tendencia para deshidratarse en almacenamiento. El ácido láctico también es usado en combinación con otros alimentos ácidos para mejorar el sabor de bebidas carbonatadas de jugo de frutas.

También se ha reportado que es excelente en la acidificación de jugo de frutas y para la producción de vino.

En las nieves y los sorbetes suele usarse ácido láctico para producir el sabor picante. La cantidad de ácido varía según la cantidad de azúcar y según la cantidad de ácido de fruta contenido en las combinaciones de frutas que se ponen en el producto. Un total de no menos de 0.30 % ni más de 0.40 % de ácido láctico, suele ser necesario para dar sabor picante satisfactorio, cuando el contenido de azúcar es de 28% a 32 %. Los sorbetes requieren algo más que las nieves.



El ácido láctico es especialmente adecuado para la manufactura de sorbetes y bebidas efervescentes porque no oculta los delicados sabores de frutas usados en estos productos. Además, no hay peligro de cristalización en el producto terminado.

En todas estas aplicaciones su función primaria es impartir un sabor ácido. Otra vez su ventaja es su suave sabor y fácil manejo de forma líquida. El ácido láctico como nutriente de levaduras puede ser asimilado por el *Sacharomyces Cerevisiae* en condiciones de aereación energética. La importancia práctica se ve en la fabricación industrial de levadura.

En la industria química, el ácido láctico grado crudo o técnico, tiene uno de los usos industriales más grandes en tenería como un agente desencalante en curtido del cuero, y se ha usado desde hace mucho tiempo como acidulante para desencalar las pieles, para remojar e hinchar el cuero para suelas y el curtido vegetal. El ácido láctico es considerado superior a los ácidos minerales más ásperos porque incluso en trabajadores inexpertos encuentra dificultades para dañar una piel con ácido láctico.

Hay varios usos en el campo textil. El ácido láctico crudo es usado en la tintura ácida de ciertos tipos de buenas lanas, particularmente el verde olivo parduzco usado en el ejército, la seda y otros artículos textiles. Es usado en el proceso de mordiente crómico del tinte de la lana porque reduce el cromato contenido en la lana y previene la oxidación de la fibra. El lactato de amonio es usado como un catalizador en la aplicación de varios tipos de resinas terminadas para rayón y buenos algodones. Es preferido como el controlador de pH durante los procesos de revestimiento de celofán. También es usado en buen número de operaciones de acabado textil.



En la litografía, es un ingrediente estándar en el desarrollo de soluciones de gravado profundo. La fórmula básica contiene 3.5 a 4 % de ácido láctico y casi el 40 % de cloruro de calcio disuelto en agua. Sin embargo, hay numerosas modificaciones de esta fórmula. Cualquier grado, el técnico de 44% o el comestible de 50% son satisfactorios, aunque algunas fábricas están ajustados a una formulación ácida para fabricar un electrolito en la preparación de superficies para gravados en impresión offset.

El ácido láctico puede fácilmente ser incorporado en las formulaciones para limpieza ácida y de compuestos pulidores. Es no volátil, inofensivo a la madera y no cristaliza, ya que estas propiedades son importantes en este tipo de aplicación. El ácido láctico ha sido usado como un promotor de flujo en la preparación de las membranas de acetato de celulosa y es usado en el tratamiento de la madera.

El ácido láctico es algunas veces adicionado al ácido clorhídrico usado para el tratamiento de acidificación de pozos de petróleo y agua. Su propósito aquí es el de incrementar la solubilidad del hierro contenido en la piedra Cali.

También es usado en cemento impermeabilizante al agua. Otros usos del ácido láctico en productos no alimenticios incluyen aplicaciones en adhesivos, en galvanoplastia y electropulimiento, en insecticidas y fungicidas, en plásticos y resinas, tintas especiales y como un fundante para soldaduras de estaño.

Todos los grados y concentraciones del ácido láctico son usados en varias aplicaciones industriales. Algunos fabricantes usan el grado comestible y otros pueden usar el grado técnico



para lo que parece ser el mismo proceso. Esto es particularmente cierto en el campo de los plásticos para la manufactura de resinas de naturaleza fenol formaldehído.

El ácido láctico reacciona con anhídrido maleico para formar ácido carboximetoxisuceinico. También es usado en una formulación para producir un antiácido soluble en agua de sales de magnesio y aluminio. Su habilidad para formar ácidos polilácticos poliméricos encuentra aplicación en la producción de resinas. En la fabricación de resinas de fenol-formaldehído, es útil para neutralizar el catalizador alcalino, ya que se forma una sal no cristalizable, la cual no perjudica a la transparencia y a la resistencia de la resina.

En esta aplicación es requerido un ácido láctico muy puro y esencialmente libre del hierro como el ácido -agua -blanca en la industria del plástico.

El ácido láctico es un reactivo de flotación y se usa en forma líquida. La cantidad usada es de (0.125 - 0.50) Kg. /Ton. y su aplicación ordinaria es como depresor.

El ácido láctico es también usado en el campo farmacéutico como lactato de calcio para terapia con calcio. También se emplea en la producción de otras sales, las cuales analizaremos en la parte correspondiente a derivados del ácido láctico.

El ácido láctico también es la materia prima usada para la preparación de ésteres, tales como lactatos de metilo, etilo y n-butilo, los cuales son usados como disolventes de lacas y pequeñas cantidades de ellos se usan directamente en plásticos.



Durante y después de la Segunda Guerra Mundial, nuevas aplicaciones potenciales para el ácido láctico y sus derivados han sido encontradas.

Así, se ha descrito el uso del ácido láctico como un extendedor de glicerol en resinas asquídicas. También se ha señalado la preparación de revestimientos por la reacción del ácido poliláctico con aceites secantes a pequeñas cantidades (1 % a 6 %) de sales de metales polivalentes, tales como el aluminio, cromo, cobalto, hierro, plomo, manganeso, torio, estaño, titanio y zinc. La adición de di-ciclopentadieno a ácido láctico resulta en la formación de un éter- ester dihidro-diciclopentadienílico del ácido láctico. Este ester absorbe rápidamente el oxígeno del aire, especialmente en presencia de secantes, para dar una película insoluble de barniz, comportándose en este respecto como los aceites secantes. Este éter-ester puede polimerizarse también calentándose con peróxido hasta obtener un aceite viscoso auto oxidable.

Muchos ésteres lácticos de punto de ebullición alto han sido evaluados preliminarmente como plastificantes para resinas. Los ésteres mixtos del ácido láctico y del ácido adípico de los tipos: $\text{ROOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{COOR}$ y $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{COOR})_2$ han mostrado ser plastificantes eficientes para copolímeros de cloruro de vinilo. Mezclas de tales ésteres fueron preparadas para esterificación de un lactato de alquilo con ácido adípico (u otro ácido dibásico, tal como el ácido sebásico). El ácido láctico y el lactato de metilo usado con un alcohol son equivalentes al lactato de alquilo en esta esterificación.

La más nueva utilización principal del ácido láctico es en la producción de polímeros y diferentes ésteres grasos del ácido láctico para ser usados en el mejoramiento de la pasta.



El principal uso para el ácido láctico sintético grado alimenticio es en la fabricación de estearoil-2-lactilato de calcio y sodio para la industria de la repostería. Solamente el ácido láctico producido sintéticamente tiene la claridad del agua -blanca y la estabilidad calorífica alta necesaria para fabricar estos y otros alimentos emulsores. El ((Estearil-lactil-lactato)₂ Ca) aumenta la tolerancia de mezcla en las masas, la procesa más fácilmente y mejora la calidad de las levaduras impregnadas en productos de panaderías en las cuales es ampliamente usado. Esta sal de calcio tiene muy poca habilidad de emulsificación en los sistemas agua-aceite, sin embargo hay poca necesidad para las propiedades emulsificantes para el pan y las sales de calcio exhiben buen acondicionamiento de masa, la cual no es observada con otros lactilactatos de calcio. Sin embargo, para una mayor grasa, la levadura impregnada en el producto cocido, el estearoil-2-lactilato de sodio es usado debido a que es un acondicionador de la masa y un emulsificador. Otros lactatos son usados en mezclas preparadas y varios productos horneados sin levadura.

Los ésteres grasos del ácido láctico, como lactilactato y diglicéridos, son usados en presencia de mezclas de pastas y otros productos de panaderías y en materias grasas líquidas.

En las preparaciones de mezclas de pastas lactoplamitato de glicerina mejora la textura de la pasta y el gliceril estearato aumenta el volumen de la pasta y permite tolerancia en la mezcla.

Ha sido reportado que es un buen bactericida, efectivo pulverizado en el aire. Un nuevo germicida conteniendo lactato de n-dodecilamina y salicilato de n- dodecilamina ha sido probado como desinfectante, fungicida, antiséptico y agente resistente a la mancha de



humedad. Los lactatos de alquilos amina con óxido mercúrico amarillo son solicitados por ser útiles como germicidas, bactericidas, o fungicidas.

Varios derivados del ácido láctico parecen tener considerables eficiencias como repelentes contra los mosquitos. Dos de los derivados más prometedores son lactato de n-octilo y lactato de 2-butoxietilo.

4.3.1. Derivados del ácido láctico

❖ Sales

De las sales del ácido láctico que se encuentran disponibles en el comercio (de calcio, sodio, antimonio, cobre, hierro y estroncio), las más importantes y las más ampliamente usadas son el lactato de calcio y el lactato de sodio. Estas sales pueden ser preparadas como productos primarios de la fermentación controlando el pH durante la fermentación con carbonato de calcio o carbonato de sodio. Las sales del ácido láctico también pueden ser preparadas convenientemente por la reacción de neutralización del ácido libre con carbonatos o hidróxidos metálicos. Los lactatos también tienen usos importantes.

El lactato de calcio, que tiene fórmula $(\text{CH}_3 \text{CHOHCOO})_2 \text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y peso molecular 308.3; cristaliza como pentahidrato incoloro, el cual es ligeramente fluorescente y pierde agua de hidratación a 100-120 °C. El hidrato tiene una solubilidad de 3.1 g. en 100 g. de agua a 0 °C., 5.4 g. a 15 °C. y 7.9 g. a 30 °C, pero es muy soluble en agua caliente. El lactato de calcio es ampliamente usado en la terapia médica que se apoya en aumentar calcio al organismo y ha



sido empleado como un coagulante de la sangre en el tratamiento de las hemorragias y es administrado antes de las operaciones dentales para inhibir el sangrado.

Tiene numerosas aplicaciones alimenticias, por ejemplo, inhibe o suprime la decoloración de muchas frutas, vegetales y mejora las propiedades de la leche en pavía seca, la leche desnatada azucarada y los productos alimenticios cocidos; también es usado para secar el queso cuajado para el queso suizo. Las soluciones de azúcar pueden ser convertidas en jaleas por la adición de lactato de calcio. Esta sal se ha descrito como un agente conveniente para dar consistencia a las manzanas durante el procesamiento. El lactato de calcio también es usado como un agente gelatinizante en budines, pasteles rellenos y es usado para acelerar el curado de productos de carne. El lactato de calcio también se emplea principalmente en la fabricación de las levaduras en pavía, en la panificación y en los productos farmacéuticos.

Lactato de Sodio cuya fórmula es $(\text{CH}_3 \text{CHOHCOO})_2 \text{Na}$ y su peso molecular 112.1, es muy higroscópico y por lo tanto siempre es vendido en solución acuosa en las calidades: Técnico de 50%, comestible de 50% y 60%.

Es difícil obtener la sal cristalina porque es muy higroscópica y extremadamente soluble en agua y en alcohol. Por su higroscopicidad, el lactato de sodio es altamente adaptable como un sustituto del glicerol sobre todo cuando este último escasea o tiene precio alto, por ejemplo, como un plastificante, como un humectante en el papel y en los textiles. También el lactato de sodio es empleado para ayudar a retener la humedad en algunos productos como el tabaco. Sin embargo el uso más grande del lactato de sodio es para alimentación intravenosa en el



tratamiento de conmoción, en donde se requiere una solución de lactato de sodio muy altamente purificado.

❖ **Otras sales**

Lactato de Aluminio, con fórmula $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_3\text{Al}$, es un sólido granular, muy soluble en agua y se usa como un antisudorífico.

Lactato de antimonio, con fórmula $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_3\text{Sb}$, es usado como mordiente en la tintura de textiles.

Lactato de cobre, (lactato cúprico), con fórmula $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Cu} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, el cual es soluble en agua, puede ser usado en baños de galvanoplastia (depósito electrolítico de metales).

Lactato de hierro, (Lactato ferroso), con fórmula $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_3\text{Fe} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, el cual también es soluble en agua, se usa para el tratamiento de anemia, como un ingrediente de tónicos y en alimentos para niños o sea en la fabricación farmacéutica.

Lactato de titanio, es usado al revestir con vidrio para ayudar en la prevención de rasguños o abrasión durante la manipulación mecánica o producción de líneas.

Lactato de zirconio, es usado por la industria de los cosméticos como un antitranspirante.

Lactato de estroncio, con fórmula $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Sr} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, se encuentra su uso en medicina.

Lactato de potasio, es muy higroscópico y se usa como sustituto del glicerol.



❖ Ésteres

Para la producción comercial de los lactatos de metilo, etilo y n-butilo se usan los procedimientos convencionales de esterificación con gran rendimiento. El ácido láctico es usualmente el material de arranque; sin embargo pueden ser usadas también las sales del ácido láctico a partir de las cuales se libera el ácido con ácidos minerales. En el caso del lactato de metilo, el ácido poliláctico es un intermediario más conveniente que el ácido láctico, porque el ester es formado en parte por esterificación y en parte por reacciones de alcoholisis. Por este método, el problema de separar el lactato de metilo del agua puede ser prácticamente eliminado, usando ácido poliláctico de un grado de polimerización moderadamente elevado.

El lactato de etilo se prepara no solamente a partir del ácido láctico de fermentación, sino también sintéticamente con cianhidrina de acetaldehído (lacto nitrilo), el cual reacciona con alcohol etílico y producen lactato de etilo. Del mismo modo, el lactato de metilo puede ser producido por la reacción del metanol con una solución acuosa de lacto nitrilo usando un catalizador ácido.

El ácido láctico puede ser convertido suavemente en acrilato de metilo por medio de la siguiente secuencia de reacciones: esterificación hacia lactato de metilo, acetilación y pirolisis a 550 °C.

Aunque los derivados del ácido láctico tienen punto de ebullición elevado, los ésteres tienen alto poder solvente. Un número de usos potencialmente importantes incluyen: la preparación



de lacas, barnices, tintas y aerosoles. El alto poder solvente de los derivados del ácido láctico es debido a la presencia de dos o tres de los siguientes grupos: hidroxil-alcohólico, éster y éter. Muchos ésteres del ácido láctico han sido reportados en la literatura. Algunos de estos son líquidos con punto de ebullición elevado y con propiedades interesantes; han sido evaluados preliminarmente como plastificantes para plásticos de celulosa y resinas de vinilo y también se han descrito muchas mezclas azeotrópicas de lactato de metilo y de lactato de metilo.

La hidrólisis de los ésteres lácticos ha sido estudiada extensamente. En general, la rapidez de la hidrólisis de ésteres de ácidos orgánicos es aproximadamente proporcional a la fuerza del ácido orgánico. Los ésteres lácticos son hidrolizados más rápidamente que los ésteres propiónicos correspondientes. La rapidez de la hidrólisis alcalina (saponificación) de los lactatos n-alquílicos disminuye a medida que aumenta el tamaño del grupo alquilo; la diferencia más acentuada en la rapidez que está entre el metilo y el etilo. La rapidez de la hidrólisis catalizada con ácido de los lactatos n-alquílicos hasta el butilo es virtualmente independiente del grupo alquilo y lo propio sucede sustancialmente en el caso de la hidrólisis no catalizada. Los ésteres lácticos de alcoholes secundarios son considerablemente más resistentes a la hidrólisis que aquellos de los alcoholes primarios correspondientes.

Los lactatos de metilo, etilo y butilo son acetilados fácilmente con anhídrido acético para producir los derivados acéticos los cuales son ligeramente solubles en agua y hierven a aproximadamente 25 °C más alto que el éster láctico correspondiente.

Lactato de Metilo, ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3$), peso molecular 104.10; punto de fusión 66 °C; punto de ebullición 760 °C, densidad a 20 °C = 1.0939 g/cm³; viscosidad, 2.94 centipoises a



20 °C; miscible con agua, destila como una mezcla azeotrópica (aproximadamente 25 % del ester, p. eb., 99 °C). Es en muchas consideraciones un derivado clave y potencialmente importante del ácido láctico. Los ésteres lácticos de los alcoholes superiores pueden ser preparados fácilmente por alcoholólisis (trans esterificación) del lactato de metilo con el alcohol apropiado. Además, la recuperación del ácido láctico a partir del líquido crudo de fermentación en forma del ester de metilo puede ser un método práctico para la purificación del ácido láctico. El lactato de metilo es también un compuesto intermedio clave en la conversión del ácido láctico en ésteres acrílicos.

El lactato de metilo puede ser acetilado con ácido acético o anhídrido acético para producir α -acetoxipropianato de metilo o ácido α -acetoxipropiónico como el producto predominante. En la amonólisis el lactato de metilo es considerablemente más reactivo que los lactatos de alquilo superiores. La cinética de la esterificación de ácido láctico de 85% y de 44% con metanol ha sido reportada en la literatura, la reacción no es una reacción sencilla de primero, segundo o tercer orden. También se ha estudiado el efecto de la temperatura, la concentración del ácido mineral catalizador y la razón molar del ácido láctico y el alcohol,

Lactato de Etilo, con fórmula $\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_2\text{CH}_3$ y peso molecular 118.13, es miscible con el agua. Los ésteres lácticos de los alcoholes superiores pueden ser preparados fácilmente por alcoholólisis (trans esterificación) del lactato de etilo con el alcohol apropiado. El lactato de etilo puede servir como un ester volátil en la purificación del ácido láctico. El lactato de etilo es usado también en solventes para lacas y algunas veces como un lubricante en la fabricación de tabletas medicinales y cubierta de tabletas.



Lactato de n-butilo, con fórmula $\text{CH}_3\text{CHOHCOO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ y peso molecular 146.18; punto de fusión -43°C ; es soluble en agua en la proporción de 436 g. /100 ml. a 25°C . El lactato de butilo es usado como disolvente de punto de ebullición alto en las formulaciones de lacas.

Es un solvente poderoso para nitrocelulosa, acetato butirato de celulosa, etil celulosa, lacas, ciertos grados de polímeros de vinilo y otras gomas y resinas así como tintas y colorantes. La alta tolerancia de esta solución de nitrocelulosa para el alquitrán de hulla y diluyentes del petróleo hace al lactato de butilo excepcional en la clase de solventes de punto de ebullición elevado.

❖ **Lactida**

Es el ester cíclico dimérico del ácido láctico. A causa de la baja solubilidad y lenta velocidad de la hidrólisis de la lactida, en agua puede ser usada como un acidificador suave continuo en los sistemas acuosos. En los sistemas anhidros, la lactida es neutra y relativamente no reacciona. Sin embargo, reacciona y neutraliza las materias alcalinas presentes o formadas en tales sistemas. Por consiguiente, la lactida es usada, como un componente neutro en sistemas anhidros donde pequeñas cantidades de alquilo pueden formar durante la reacción o almacenaje y deben ser neutralizados inmediatamente. Su única estructura también sugiere su uso como un intermediario químico.

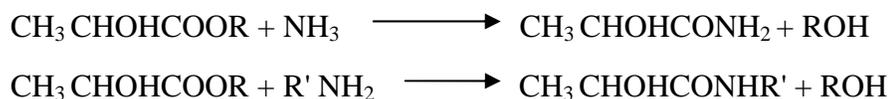
Los éteres del ácido láctico, los cuales pueden ser representados por la fórmula general $\text{CH}_3\text{CHOR-COOH}$ y los cuales son insolubles en agua, pueden ser usados como solventes, plastificantes y modificadores en la manufactura de tintas, plásticos y lacas. Los ésteres del



ácido láctico, los cuales tienen; la fórmula general $\text{CH}_3\text{CHOHCOOR}$, pueden ser usados para muchos de los mismos propósitos como los éteres. Los ésteres mayores, por ejemplo, el butil-éster, amil-éster y lauril-éster, poseen mayor estabilidad que los ésteres menores, son insolubles en agua y por consiguiente son más deseables que los segundos.

❖ Amidas

Las amidas del ácido láctico, lactamidas, se preparan fácilmente por la reacción de los ésteres lácticos con amoníaco y aminas:



La reactividad de los ésteres lácticos para la aminólisis es considerablemente mayor que la de los ésteres de ácidos alifáticos no sustituidos, excepto el ácido fórmico. El lactato de metilo es el éster láctico más reactivo hacia la aminólisis; el rendimiento es muy alto. Muchas lactamidas sustituidas han sido preparadas por aminólisis del lactato de metilo.

Las alquilaminas primarias reaccionan fácilmente y casi cuantitativamente a la temperatura ordinaria. Las aminas secundarias, con pocas excepciones, no son convenientes para esta reacción. Las excepciones notables son la dimetilamina, la morfina, la piperidina, la pirrolidina y la dietanolamina, las cuales dan rendimientos muy elevados. Sin embargo, las lactamidas derivadas de las aminas secundarias no reactivas fueron obtenidas fácilmente por deshidratación de la sal amina del ácido láctico y con codestilación con un solvente de punto de ebullición elevado, tal como el xileno.



Las lactamidas N-alquil- sustituidas son en general sólido de punto de fusión bajo y con punto de ebullición elevado. Los miembros más bajos, metil-lactamida, etil-lactamida, n-propil-lactamida y n-butil-lactamida, son muy solubles en agua, mientras que los miembros más altos son sólo ligeramente solubles en agua. Las lactamidas N-hidroalquil sustituidas, por ejemplo N-2-hidroxiethyl-, N-N-bis (2-hidroxiethyl-) y N-2-hidroxi-propil-lactamida, son líquidos viscosos solubles en agua con propiedades hidroscolópicas.

La lactamida es un compuesto cristalino blanco. La lactamida racémica hierve a 76.4-77.6 °C., pero el punto de fusión es severamente influenciado por las impurezas. Las lactamidas son muy solubles en agua, en etanol y es ligeramente soluble en éter etílico y benceno. La lactamida sólida tiene una densidad de 1.138 g/cm³ a 25 °C.

4.3.2. Grados industriales del ácido láctico

El ácido láctico es vendido en la actualidad en varios grados comerciales enumerados por orden creciente de calidad:

1. Ácido láctico grado “crudo”, “técnico” o “comercial”, claro u oscuro, es un producto colorido preparado para uso comercial en concentraciones de 22, 40, 50, 66, 80 y 88 %. Este grado de ácido láctico puede ser preparado por la acidificación directa del líquido fermentado empleando ácido sulfúrico. Este grado de ácido láctico contiene muchas de las impurezas del medio de fermentación y encuentra muchos usos industriales donde la pureza del producto no es tan esencial. La cantidad y la naturaleza de las impurezas en el ácido láctico final depende del substrato inicial, así como del método de fabricación y del grado de refinación
2. Ácido láctico grado “comestible” o para tratamiento de productos alimenticios, es de color paja y es vendido a 50, 80 y 88 % de concentración, así que recibe refinación adicional por encima de aquellas realizadas al ácido láctico grado técnico. Existen dos métodos generales para la fabricación de ácido láctico grado comestible. En uno de ellos el substrato (azúcar) es un carbohidrato refinado de manera que el producto de fermentación requiere una mínima de refinación y en el producto lactado o ácido láctico requiere de más extensa purificación.



3. Ácido láctico para “plásticos” o “sintéticos” es comercializado de 50 y 80% de concentración.
4. Ácido láctico grado “U.S.P” o “farmacéutico”. puesto en venta a no menos de 85%, ni más de 90% de concentración. Las especificaciones de la Farmacopea de los Estados Unidos para el ácido láctico son muy estrictas. En comparación con la relativa facilidad de producción de ácido láctico, la purificación para grado U.S.P. es bastante difícil. Por lo menos los tres siguientes procedimientos básicos para la producción de ácido láctico grado U.S.P. son realizables; uno de ellos es la extracción con disolventes. Un segundo procedimiento, es la destilación con vapor de agua bajo alto vacío y el tercer procedimiento, es la destilación de un ester volátil, tal como el lactado de metilo.
5. Ácido láctico grado “reactivo analítico” es el de más alta pureza. Las normas pueden ser establecidas por los consumidores y los requisitos dependen del uso que se hará del ácido láctico El color, el sabor y el olor son importantes, además del contenido de cenizas. Es de suma importancia que los iones calcio y sulfato estén en equilibrio químico. La proporción de ácido sulfúrico libre tiene que ser despreciable.

La tecnología de la producción del ácido láctico se ha perfeccionado hasta el punto de que es posible producir cualquier calidad exigida por el mercado. Los perfeccionamientos técnicos que se introduzcan serán principalmente para reducir el costo de producción.

4.4. Aspectos técnicos del ácido láctico

Parte primordial en este trabajo radica en la parte técnica de la producción del ácido láctico, la cual se describe a continuación.

4.4.1. Métodos generales de obtención

El ácido láctico puede ser manufacturado por fermentación o por síntesis; ambos métodos son bien comprendidos y usados industrialmente en la actualidad. Aunque se han escrito diversos métodos para preparar sintéticamente ácido láctico, este compuesto aún se fabrica en los Estados Unidos por fermentación. En ese país, más del 85% del ácido láctico que es vendido es hecho por una ruta sintética y todo el ácido láctico que es producido en Japón es sintético. El ácido láctico producido por los fabricantes europeos, cuya capacidad combinada es



aproximadamente la mitad de la capacidad mundial estimada, es producido por procesos de fermentación.

El margen de operación en la fermentación es pequeño y el costo de un sustrato relativamente puro contra un sustrato impuro debe ser valorado contra el costo de refinación y purificación subsiguiente del ácido según las especificaciones del mercado. Así, la selección del material de arranque debe estar basada sobre el costo total del proceso.

El ácido láctico obtenido por fermentación requiere unos carbohidratos no tóxicos de bajo costo, usualmente un subproducto o un material residual y emplea organismos conocidos como bacterias homolácticas pertenecientes al género *Lactobacillus*, aunque en ocasiones emplea a un hongo filamentoso perteneciente al género *Rhizopus*; mientras que el ácido láctico obtenido por un proceso sintético puede usar un producto químico orgánico, probablemente de origen de petróleo o de carbón, el cual es un subproducto o que presenta un problema de eliminación residual.

El ácido láctico es habitual producirlo en la forma más pura posible en la etapa inicial y después se retira el producto.

❖ Fermentación

El procedimiento en general consiste en la fermentación de un carbohidrato al que se le ha añadido un mineral adecuado y nutriente proteico en presencia de un exceso de carbonato de calcio. Generalmente es preferido usar una concentración de bacterias termofílicas. La fermentación es usualmente conducida en presencia de un gran exceso de carbonato de calcio, el cual neutraliza todo el ácido láctico creado por la fermentación, resultando una solución conteniendo lactato de calcio y dióxido de carbono; de manera que el pH no llega a ser tan bajo como para inhibir la fermentación. Esta solución es primero alcalinizada con hidróxido de calcio y hervida. El hidróxido de magnesio, la piedra caliza y otros nutrientes e ingredientes que pueden haber estado en el agua, pueden ser eliminados por filtración debido a que precipitan. El líquido filtrado es acidificado con ácido sulfúrico para regenerar el ácido láctico y



para precipitar el calcio como sulfato de calcio, el cual es eliminado por filtración. Este ácido es concentrado y más tarde refinado por una serie de procedimientos.

En la práctica real y el rendimiento teórico de 100% nunca es logrado. Probablemente una porción del carbohidrato es utilizada por el organismo en su metabolismo. Además, se producen otras pérdidas durante el tratamiento subsiguiente, de manera que en la práctica comercial los rendimientos de 85% son considerados normales.

❖ **Ácido láctico a partir del suero de la leche**

El ácido láctico a partir de la lactosa contenido en leche produce ácido láctico grado técnico, ácido láctico grado U.S.P., lactato de calcio, lactato de sodio y son manufacturados a partir del suero de la leche. Ha sido producido comercialmente desde el año de 1936, en Norwich, N. Y., en una planta operada por la Compañía de Derivados Sheffield.

La producción de lactato de calcio y ácido láctico a partir del suero de la leche libre de albúmina, conteniendo nutrientes adicionales, ha sido descrita por Campbell.

Un procedimiento para la producción de ácido láctico a partir de la lactosa del suero dulce de la leche sobre una base de semifábrica por fermentación continua fue trabajado por Whittier y Rogers.

❖ **Ácido láctico a partir del azúcar de almidón de maíz**

La producción comercial de ácido láctico a partir del azúcar de almidón de maíz ha sido descrita por Inskip, Taylor, y Breitzke (1956).

❖ **Ácido láctico a partir de melazas de tiras negras**

Un proceso para la producción de ácido láctico (Grado U.S.P. y para plásticos) y lactato de metilo a partir de melazas de tiras negras ha sido descrito por Needle y Aries (1949).

❖ **Ácido láctico a partir de papa**

Un método para la producción de ácido láctico a partir de papas fue descrito por Cordon y asociados.

❖ **La producción de lactato de calcio blanco**

Un proceso para la producción de lactato blanco ha sido desarrollado por Daly, Welsh y Needle. Las características principales de este proceso son el uso de una leche no desnaturalizada como el nutriente y el rápido secado del lactato de calcio producido.

❖ **La producción de ácido dextro láctico**



Tatum y Peterson (1935) han descrito un método para la producción de ácido L(+)-láctico en una pequeña escala.

❖ **Ácido láctico a partir del licor de sulfito residual**

La producción de ácido láctico a partir del licor de sulfito residual ha sido estudiada por Leonard, Peterson y Johnson. (1948)

❖ **Ácido L (+) -láctico a partir de alcachofas de Jerusalén**

La producción de ácido L (+)-láctico a partir de alcachofas de Jerusalén ha sido estudiado por Andersen y Greves (1942)

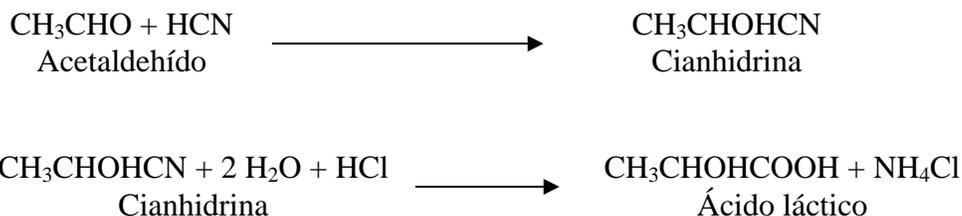
❖ **Producción de ácido láctico por mohos (hongos)**

Métodos de producción: En general, el ácido L (+) láctico puede ser producido por concentraciones seleccionadas de mohos por el método de cultivo superficial o por el método del fermentador rotatorio. La investigación de Word, Lockwood, Tabenkin y Wells, indican la superioridad del proceso de fermentador rotatorio sobre el proceso de cultivo superficial.

4.4.2. Síntesis

Hasta 1963 el ácido láctico fue manufacturado en los Estados Unidos solamente por fermentación. En aquel año la manufactura por síntesis fue iniciada por la compañía Monsanto Co.

La reacción básica para el proceso sintético está basada en la conversión de lacto nitrilo en ácido láctico. El lacto nitrilo es un subproducto de la síntesis del acrilonitrilo. La reacción de síntesis del ácido láctico fue descubierta en 1863 por Wislicenus quien preparó lacto nitrilo a partir del acetaldehído y la cianhidrina (preparado con acetaldehído y ácido cianhídrico) y lo hidrolizó hasta una solución acuosa de ácido láctico crudo. La hidrólisis en medio ácido nos da α -ácido alcoholes (α -hidroxiácidos):



La misma reacción es usada en la actualidad; el ácido láctico es aislado y purificado por esterificación con alcohol metílico y el lactato de metilo resultante es purificado por destilación. Una vez que el éster de metilo ha sido producido y destilado, puede ser hidrolizado con un ácido fuerte como catalizador para producir en ácido láctico semirrefinado. La purificación es realizada por una combinación de vapor, tratamiento de carbón e integradores de iones. El ácido láctico sintético es producido en tres grados: *técnico*, *alimenticio* y *U.S.P*, refinado y ajustado en dos concentraciones: 50% y 88% de solución ácida. El ácido láctico sintético es agua-blanca y tiene una estabilidad calorífica excelente.

Otros posibles métodos químicos de sintetizar el ácido láctico incluyen la degradación de azúcares con álcalis (preferiblemente sacarosa con cal o hidróxido de sodio); la interacción entre el acetaldehído, el monóxido de carbono más agua a temperatura y presiones elevadas; hidroformilación del acetato de vinilo, oxidación e hidrólisis del ácido α -cloropropiónico (preparado por clorinación del ácido propiónico). Una síntesis de ácido láctico, basada sobre la oxidación de un propileno con ácido nítrico, el cual produce un subproducto de ácido oxálico, ha sido realizada pero no ha sido desarrollada sobre una escala industrial.

Otros métodos para sintetizar ácido láctico están basados sobre la hidrólisis continua de lacto nitrilo en una solución acuosa de ácido sulfúrico. El ácido láctico resultante es extraído con



éter isopropílico y es recuperado por restricción con agua. El extracto acuoso es concentrado bajo presión reducida 33.3 Kpa (250 mm. Hg.), hasta la concentración deseada.

Los métodos sintéticos son generalmente más caros que la fermentación y debido a esta razón no se emplean mucho.

4.4.3. Recuperación, extracción y/o purificación del ácido láctico

La tecnología de la recuperación del ácido láctico a partir del licor de fermentación varía considerablemente, dependiendo del grado o calidad del ácido láctico que se desea obtener.

En la purificación de ácido láctico, el objeto es eliminar todos los ingredientes que contienen impurezas. Estas pueden incluir azúcar no fermentada, sustancias nitrogenadas, materia colorida, sulfato de calcio o sulfato de sodio y otras sales.

El ácido láctico es recuperado del líquido fermentado en una larga serie de tratamientos físicos y químicos.

Varios métodos o procedimientos pueden ser empleados para la recuperación y purificación del ácido láctico:

- a) Un método de recuperación y purificación del ácido láctico es por la acidificación directa del líquido fermentado empleando ácido sulfúrico. En este proceso el líquido fermentado resulta de un sustrato relativamente impuro de carbohidrato, el cual es acidificado con ácido sulfúrico para eliminar el calcio a partir del lactato de calcio derivado del caldo de fermentación, después de haber sido calentado y filtrado, seguido posteriormente por filtración, concentración, y refiltración para eliminar el sulfato de calcio adicional y otras impurezas suspendidas. La concentración por evaporación se realiza para obtener la concentración deseada del ácido láctico grado crudo ó técnico.



Otros métodos para la recuperación y purificación del ácido láctico pueden ser:

- b) En el primer caso, la papilla de fermentación está compuesta de un azúcar altamente refinado o jarabe, un mínimo de material nutriente y carbonato de calcio relativamente puro. Después de que la fermentación ha terminado, el líquido es acidificado con ácido sulfúrico y el sulfato de calcio se separa por filtración. El ácido láctico de color claro es entonces concentrado y refinado por tratamiento con carbón activado y/o resina de intercambio de iones. Si es necesario, el hierro y el cobre pueden ser eliminados en este punto por precipitación en forma de ferrocianuros añadiendo la cantidad estequiométrica de ferrocianuro de sodio o ferrocianuro de calcio. El carbón y los ferrocianuros de metales pesados se separan por filtración y el ácido láctico es diluido hasta la concentración apropiada de un ácido grado comestible o para tratamiento de productos alimenticios.
- c) En el segundo tipo de proceso el sustrato es un carbohidrato de bajo precio, tal como los residuos de la fábrica de conservas alimenticias, melaza (miel de caña), suero de la leche, etc. Un método de purificación de ácido láctico es por el proceso de cristalización del lactato de calcio. En este procedimiento el líquido de fermentación calentado y filtrado al terminar la fermentación contiene lactato de calcio crudo y clarificado. El líquido se concentra hasta aproximadamente 25% de sólidos por evaporación a temperaturas elevadas. Esta solución es entonces enfriada para permitir la cristalización del lactato de calcio. El producto cristalino es separado por filtración o centrifugación y se vuelve a disolver en agua. Después se acidifica con ácido sulfúrico y también se le adiciona carbón decolorante y agentes químicos. El sulfato de calcio y otras materias precipitadas son filtradas para ser eliminadas. Los precipitados son lavados en el filtro y la pasta filtrada es eliminada, el líquido filtrado y los lavados constituyen una solución de ácido láctico crudo de color claro. Después se concentra en un evaporador de vacío, el ácido concentrado se le agrega, suficiente cal y ácido sulfúrico. Nuevamente agentes químicos son adicionados para eliminar hierro y cualquier metal pesado todavía presente. La mezcla es filtrada, se concentra, se enfría, le deja que se produzca la cristalización y se separan los cristales. Repitiendo esta operación el ácido láctico se ajusta a la concentración deseada. Por este proceso son obtenidos ácido láctico grado comestible, grado U.S.P. y un grado plástico.
- d) En un procedimiento alternativo de refinación patentado por Jeneman, el ácido láctico libre es extraído directamente a partir del líquido impuro de fermentación calentado y filtrado, por el uso de varios disolventes, uno de los cuales es éter isopropílico, seguido por la reextracción del ácido láctico a partir del éter isopropílico con agua. En este proceso, la solución concentrada de ácido láctico crudo es continuamente alimentada en la parte superior de una torre de extracción líquido-líquido mientras que el éter isopropílico es introducido por el fondo. La solución de ácido láctico en el éter isopropílico es eliminada desde la parte superior de la torre y bombeada hacia una segunda torre de extracción. Aquí es pasada hacia arriba a través de una contracorriente de agua la cual extrae el ácido láctico del éter isopropílico. La solución acuosa purificada de ácido láctico es retirada por el fondo de la segunda torre y el éter isopropílico es bombeado desde la parte superior de esta torre hacia el fondo de la primera torre para una nueva extracción de la solución de ácido láctico crudo o impuro.



Este procedimiento permite obtener un ácido algo más puro que el requerido para la calidad comestible; es el ácido láctico de calidad para plásticos que tiene una concentración muy pequeña de impurezas, en particular de cenizas. Este proceso se afirma que es costoso y peligroso a causa de la inflamabilidad del éter y la posibilidad de que sean formados peróxidos explosivos.

- e) Un método alternativo consiste en la conversión de lactato de calcio del líquido fermentado en lactato de zinc por el uso de carbonato o sulfato de zinc. El lactato de zinc cristaliza más rápidamente que los otros lactatos a causa de la solubilidad del lactato de zinc relativamente más bajo, el lactato de zinc es purificado con cristalizaciones repetidas y disuelto en agua. Adicionando el sulfuro de hidrogeno al lactato de zinc, el ácido láctico es liberado y el sulfuro de zinc es precipitado. El carbón animal es adicionado para decolorar la solución, la cual es entonces filtrada. El filtrado, el cual contiene el ácido láctico, es concentrado por evaporación en vacío.
- f) El ácido láctico puede ser obtenido parcialmente purificado en otro proceso oxidando suavemente el licor crudo de fermentación, el cual contiene los lactatos o el ácido láctico. Varios agentes oxidantes han sido usados para este propósito: hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio, permanganato de potasio, cromato de potasio, ácido nítrico, peróxido de hidrogeno, gas cloro y gas ozono. Un ácido láctico grado comestible ha sido producido por este proceso.
- g) En otro procedimiento las sales alqui-aminas secundarias o terciarias del ácido láctico son formadas siendo suficientemente estables para ser extraídas a partir de la solución acuosa con solventes orgánicos; el solvente es eliminado por evaporación y la sal es entonces descompuesta para producir ácido láctico libre. Esto es comercialmente posible para extraer el ácido láctico del licor acuoso de fermentación.
- h) La destilación con vapor de agua bajo presión a alto vacío del ácido láctico a partir del caldo de fermentación es probablemente el proceso más viejo. Es efectivo, pero también bastante costoso principalmente porque el punto de ebullición relativamente alto del ácido láctico tiene como resultado la autoesterificación con la formación de poliésteres no volátiles y de este modo reduce el rendimiento hasta una fracción de lo teórico. Uno de los propósitos del vapor de agua en este procedimiento de destilación es reducir al mínimo esta autoesterificación; pero importa mucho controlar el arrastre del ácido y en este proceso la eficiencia en el rendimiento es importante, (pero ocurre la descomposición de algo de ácido láctico). Los vapores son introducidos en un condensador parcial el cual separa la mayor parte del ácido láctico destilado a partir de los vapores de agua produciendo un condensado conteniendo 50% o más de ácido láctico acuoso. El ácido que queda en la corriente de vapor de agua pasando el deflegmador es recuperado por concentración del condensado final.
- i) Un método para purificar ácido láctico y preparar lactato de metilo directamente a partir de ácido láctico crudo ha sido descrito por Filachione y Fischer (1946). Tal vez el método más práctico para la producción de ácido láctico U.S.P. es por la destilación del ester de metilo como compuesto intermedio. El ácido láctico es primero



concentrado para obtener una solución con un contenido elevado de ácido, la cual es posteriormente esterificada con metanol.

La esterificación puede ser realizada calentando la mezcla a reflujo en presencia de ácido sulfúrico, como catalizador, o bien pasando vapor de metanol a través de una columna empacada a contracorriente con el ácido láctico acidificado, el cual es alimentado en la parte superior y calentado aproximadamente a 100 °C. Este método da rendimientos más altos de lactato de metilo, debido a que el equilibrio es desplazado favorablemente por eliminación del lactato de metilo volátil (en la corriente de vapor de agua) de la reacción. Los vapores efluentes, los cuales son una mezcla de metanol, agua y lactato de metilo, son condensados. El lactato de metilo puede ó no puede ser fraccionado a fin de recuperarlo; en cualquier caso es entonces hidrolizado completamente por ebullición en un exceso de agua con eliminación continua de metanol regenerado. La solución acuosa residual producida por este tratamiento es el ácido láctico grado U.S.P. el cual solamente tiene que ser concentrado hasta la acidez apropiada o deseada para obtener la composición final. A través de un uso similar de otros alcoholes, otros ésteres del ácido láctico pueden ser obtenidos.

Los ácidos lácticos incoloros de más alta pureza son el grado " plástico " y el grado U.S.P.

- j) En otro método, los ésteres del ácido láctico son preparados, purificados, y subsecuentemente hidrolizados para liberar y obtener el ácido láctico en una forma pura. El metanol ($\text{CH}_3 \text{OH}$) se adiciona al lactato en la proporción de 10 a 20 moles de metanol por un mol de lactato de calcio o 2 moles de lactato de sodio, el cual preferiblemente debería estar libre de humedad. Cualquiera de los precipitados insolubles son eliminados por filtración. El ácido sulfúrico es adicionado y realiza dos objetivos, liberar el ácido láctico y la catálisis de la subsiguiente esterificación. A fin de esterificar el ácido láctico, la mezcla es calentada de 4 hasta 8 horas a una temperatura de reflujo. Las sustancias precipitadas son eliminadas por filtración y el exceso de metanol es eliminado por destilación a la presión atmosférica. Usando una temperatura baja, el agua y la mayor parte del lactato de metilo son destilados bajo vacío. Después de diluir el destilado en la proporción de 2 a 3 partes del agua destilada hasta 1 parte del destilado, es lentamente fraccionada en una columna resistente a la corrosión a presión atmosférica. Después de la hidrólisis del lactato de metilo, el metanol es recuperado y el ácido láctico liberado es concentrado por evaporación en vacío. Smith y Claborn afirman que el ácido láctico químicamente puro puede ser preparado más eficiente y económicamente por este método.
- k) La destilación fraccionada no ha sido utilizada con éxito sobre una escala comercial. Cuando el ácido láctico es calentado especialmente en presencia de sus impurezas naturales, tiende a descomponerse; por consiguiente no puede ser purificado por el proceso de destilación ordinaria. Varias modificaciones, tales como la introducción de vapor sobrecalentado, aire caliente y gases inertes en la destilación al vacío han sido probados. Ninguno de ellos ha sido comercialmente exitoso.



- 1) Un procedimiento opcional usa amoníaco en lugar de carbonato de calcio para neutralizar el ácido láctico a medida que es formado. Esto resulta en un licor conteniendo lactato de amonio, el cual puede ser esterificado con un alcohol y destilado como ester. En el momento actual la ruta de carbonato de calcio es la más económica.

Es de particular importancia que el equipo de tratamiento para la recuperación sea resistente a la acción corrosiva de altas concentraciones de ácido láctico. Por consiguiente, el equipo especial de acero inoxidable es el más frecuentemente empleado para este propósito.

4.5. Análisis de mercado

El estudio de mercado consiste en estimar la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción, que la sociedad estará dispuesta adquirir a determinados precios. Esta cuantía representa la demanda desde el punto de vista del proyecto dado que la magnitud de la demanda variará y con ella los precios, por lo que es de interés la estimación para distintos precios y tener presente que el empresario puede cubrir los costos de producción con un margen razonable de utilidad.

Se deduce que en esencia el resto de mercado deberá proporcionar criterios útiles para determinar la capacidad a que han de instalarse la nueva unidad productora y estimar los probables ingresos durante la vida útil de la realización del proyecto.

A continuación se da una explicación muy general del producto en estudio ya que está describió anteriormente.

El ácido láctico se expende al público en varias categorías: en ácido láctico grado comestible, ácido láctico grado farmacéutico, ácido láctico grado técnico y ácido láctico sintético. El



proceso de obtención es el siguiente: al ácido láctico se forma a temperaturas relativamente altas por fermentación de bacterias abono usando organismos como el *Lactobacillus Delbrucki*, el cual produce la mezcla racémica de ácido láctico. Se usa como materia prima un carbohidrato del azúcar y el cultivo de la bacteria se realizan en dos tanques de cultivo con agitadores, con un tiempo de incubación de 24 horas; posteriormente es pasado a la sección de purificación para eliminar las impurezas tales como proteínas, sulfato de calcio y metales pesados.

Realizándose seguido un blanqueo con carbón activado para pasar después a una filtración y de aquí a los evaporadores para llevar a cabo la concentración del filtrado, repitiéndose estas operaciones de filtración y evaporación para finalmente pasar a la sección de almacenamiento.

4.5.1. Naturaleza del producto

El presente estudio se limitará exclusivamente al mercado mexicano de importación. Toda vez que sólo hay distribuidores de este producto en territorio mexicano.

4.5.2. Productos sustitutivos

Este punto debe de tomarse en cuenta ya que es de significativa importancia conocer aquellos productos que sustituyan al artículo en estudio, debido a que la existencia de alguno o algunos de estos puede tener como resultado lo siguiente:

En el caso de que exista un precio superior al que se planea poner al producto, en esta situación se puede pensar la realización del proyecto. En el caso de que las características de



los productos sustitutivos o competitivos satisfagan más ampliamente las necesidades del mercado en comparación con el nuevo producto, en esta situación el proyecto debe tomarse en cuenta.

En el caso de que los productos sustitutivos o competitivos no alcancen a satisfacer la demanda del mercado, en tal razón es conveniente tomar en cuenta esta sustitución para la realización del proyecto.

El caso de que no existan productos sustitutivos competitivos para el producto en mención, no se presenta con el ácido láctico. A continuación se señalan los compuestos que pueden competir con el ácido láctico en cuanto su principal uso.

Conocer los usos y aplicaciones del ácido láctico merece una especial atención y enterándonos así del destino final que tenga el satisfactor y de esta forma podremos investigar todo lo referente a la mercadotecnia en cuanto a los consumidores es decir, el saber como, donde y cuando, para que se utiliza nuestro producto y con esto atacar de mejor forma los aspectos referentes ya sea a la calidad requerida, el tipo de envase, al consumo, distribución o obsolescencia del mismo.

4.5.3. Tipos de ácido láctico, en su forma comercial más usada

Ácido láctico grado comestible (50% de concentración)

Usos principales: en la industria alimenticia se emplea como acidulante en alimentos y bebidas, y se emplea también como preservativo; en la medicina se emplea como cáustico y digestivo, en odontología se emplea para eliminar el tártaro de los dientes.



Envase: barriles de robles blanco recubiertos con cera, en garrafones de vidrio y carros tanque.

Industrias consumidoras:

- ❖ Ácidos orgánicos S. A.
- ❖ Centro químico S. A.
- ❖ Compañía química anglo mexicana S. A.
- ❖ Drogas y productos químicos S. A.
- ❖ Química farmacéutica latina S. A.
- ❖ Técnica química S. A.
- ❖ Metalos química mexicana S. A.
- ❖ Probaind de México S. A.
- ❖ Alquimia mexicana S. A.
- ❖ J. T. Baker S. A. de C. V.

Ácido láctico grado técnico (44% de concentración)

Usos principales: se utiliza en la industria como disolvente en ciertas materias orgánicas, con colorantes insolubles en agua, como reductor de cromatos, en curtiduría como depilatorio y en la tintorería como mordiente.

Envase: barriles de roble blanco, garrafones de vidrio y carros tanque.

Industrias consumidoras:

- ❖ Química cruda S. A.
- ❖ Roída mexicana S. A.
- ❖ Quimosíntesis de México, S. A.
- ❖ Prove química S. A. de C. V.
- ❖ Ácidos orgánicos S. A.
- ❖ Centro químico S. A.

Envase: por ser un producto destinado a la industria alimentaría principalmente, requiere de condiciones y cuidadosas medidas de salubridad, por lo tanto lo más adecuado sería envasarlo en barriles de roble cubiertos con cera para evitar un poco más su contaminación.



Calidad: el ácido láctico es dividido en dos categorías:

- a) Grado alimenticio con 50% de concentración
- b) Grado técnico con 44% de concentración

Distribución por ser un producto estable en cuanto a condiciones del ambiente, sin violar su envase original, no existe ningún problema de distribución y puede hacerse en los transportes ordinarios.

Demanda: el ácido láctico grado alimenticio es el más utilizado debido a la gran importancia que tiene en la industria alimenticia, además se puede obtener en grado U. S. P. o farmacéutico y grado de acuerdo a concentraciones del cliente.

4.5.4. Productos que compiten con el ácido láctico

Ácido cítrico:

Características: Es uno de los más usados y se encuentra frecuentemente en la fruta, siendo que generalmente se debe usar una gran cantidad de ácido para mantener el pH constante.

Fórmula: $\text{HOOCCHCOHCOOHCHCOOH}$.

Envase: garrafrones de vidrio.

Ácido tartárico:

Características: una cantidad pequeña de este ácido reduce suficientemente el pH sin incrementar el sabor acidulado al mismo grado.

Fórmula: $\text{HOO}_2\text{CCHOHCH}_2\text{COOH}$.

Envase. Garrafrones de vidrio.



Ácido Málico:

Características: este ácido casi proporciona el mismo efecto que el ácido láctico en cuanto a pH, así también en cuanto a la sensación del sabor.

Fórmula: HOOCCHOHCHCOOH .

Envase: Garrafones de vidrio.

Ácido fosfórico:

Características: este ácido reduce el pH en una extensión mayor que el ácido tartárico, sin afectar sabor y se emplea cuando se desea un mínimo sabor acidulado.

Fórmula: H_3PO_4

Envase: Garrafones de vidrio.

Ácido fumárico:

Características: la solubilidad del ácido fumárico es del orden del 0.6 gr. /100 gr. de agua a temperatura ambiente y de 10 gr. /100 gr. de agua a temperatura de ebullición, por lo que la utilización de este ácido queda reducida.

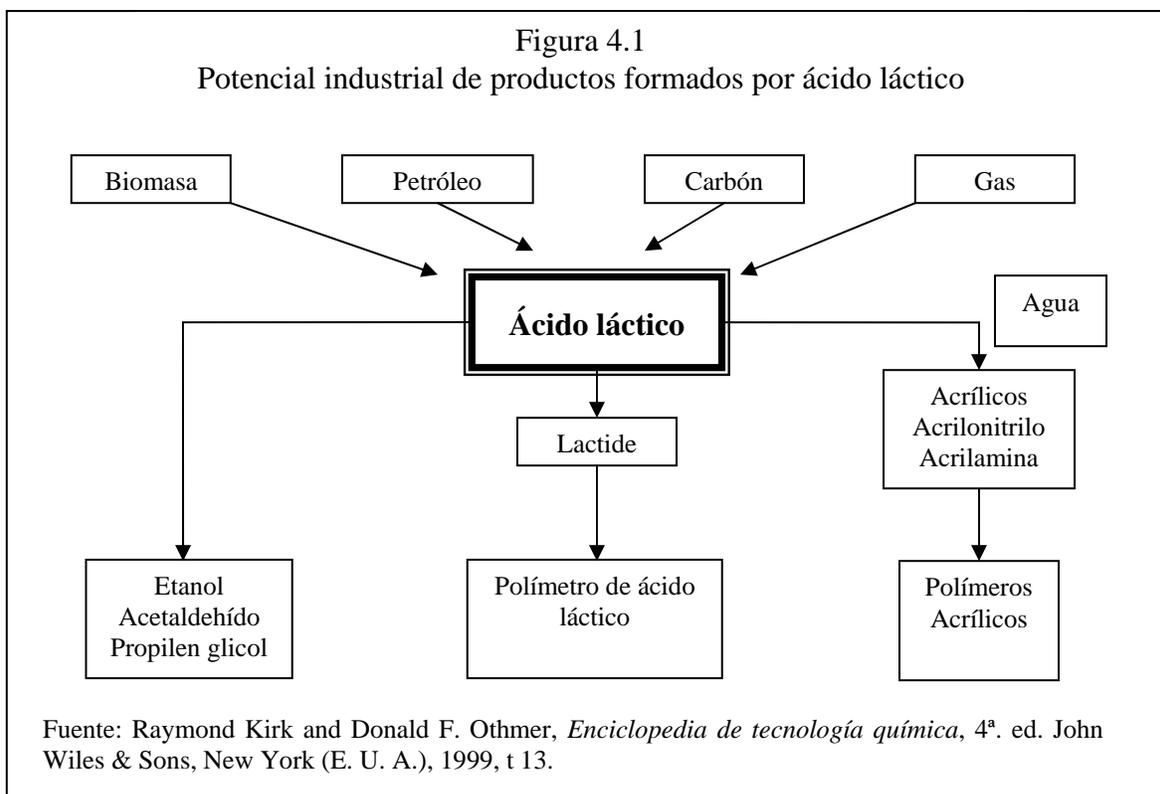
Fórmula: HOOCCHCHCOOH .

Envase: Garrafón de vidrio.

4.5.5. Producto comercial

El ácido láctico puede formar el núcleo de un sistema de materiales crudos dentro de una gran variedad de un producto de uso final ver figura 4.1.

El maíz, suero, cebada, melaza de sorbo y caña de azúcar pueden ser usados para la producción del ácido láctico. Sin embargo, si el futuro de los alimentos careciera de desarrollo, el ácido láctico puede ser hecho de carbón, petróleo o gas líquido.



El ácido láctico poliéster tiene una estructura única, casi imposible de duplicar por otras fuentes pero no tienen un mercado establecido y aunque la competencia directa está ausente, la penetración en el mercado comienza de cero.

El ácido láctico, ha mantenido una línea creciente de consumo en los últimos años, lo cual significa que el mercado de ácido láctico en México se está desarrollando debido al aumento y diversificación de sus usos.



4.5.6. Estudio de la oferta.

4.5.6.1. Producción del ácido láctico en México y principales países exportadores hacia México

En la actualidad resulta muy importante producir ácido láctico en México por lo que el consumo aparente de este producto, principalmente lo cubre la importación a través de distribuidores, a continuación en la tabla 4. 2, se presentan los datos de importación de ácido láctico en el periodo (1983-1998).

Tabla 4.2			
Importaciones de ácido láctico en México (1983-1998)			
Año	Consumo anual (Kg.)	Valor en pesos	Precio unitario
1983	658,182	143,507,390	218.036
1984	868,649	259,244,268	298.445
1985	808,795	366,709,501	453.402
1986	632,838	367,317,150	580.428
1987	888,646	1,870,998,556	2,105.44
1988	779,192	2,910,472,244	3,735.24
1989	833,736	3,878,891,332	4,652.42
1990	638,119	3,474,000,000	5,444.12
1991	892,097	4,994,623,166	5,598.74
1992	942,311	5,167,000,000	5,583.32
1993	1,021,362	4,886,992,470	4,784.78
1994	1,060,362	6,761,000,000	6,375.72
1995	1,130,246	18,055,436	15.9747
1996	1,439,438	21,006,896	14.5938
1997	1,645,214	24,103,196	14.6504
1998	1,969,112	31,064,380	15.7758

Fuente: *Anuario Estadístico*, Banco Nacional de Comercio Exterior, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, 1999.

El ácido láctico que se consume en México proviene principalmente de Brasil, Canadá, República de Irlanda, Estados Unidos de América, Francia, República de Indonesia, Estado de Israel, Italia, Japón, Reino de los Países Bajos, Reino Unido de la Gran Bretaña, República de Rumania, Suiza, Taiwán y España.



El principal exportador de ácido láctico en la actualidad es Estados Unidos de América seguido por España, siendo que ambos países ofrecen un producto de buena calidad y buen precio.

Una ventaja que presenta Estados Unidos de América frente a sus competidores es que pertenece al TLC de América del Norte (TLCAN), lo que implica una disminución en el pago de aranceles y a su vez influye directamente en el precio, ofreciendo así un producto más barato.

Tabla 4.3 Distribuidores de ácido láctico en el año 2001
a) Abaquim S. A. b) ADM México, S. A. de C. V. c) Almacen de drogas la Paz, S. A. de C. V. d) Compañía química Anglo Mexicana S. A. e) COM EXPORT, S. A. de C. V. f) Cipo S. A. de C. V. g) Comercial química S. A. de C. V. h) Cícarom S. A. i) Diquimex S. A. de C. V. j) Granados Martínez químicos y Cia. S. A. de C. V. k) Helm de México, S. A. l) Hycel de México S. A. de C. V. m) Industrias Ragar S. A. de C. V. n) Química Croda o) Química integral de México p) RHONE - POULENC de México S. A. de C. V. q) Staff químico de México r) Transformación química mexicana
Fuente: Juan Carlos González Ceja, <i>Análisis del impacto de la apertura comercial en México en los proyectos de inversión: el caso de ácido láctico</i> . Facultad de Química, U. N. A. M., México, 2001.

Por otro lado, en la negociación del tratado se buscó asegurar a las posibles empresas mexicanas en un período suficiente para realizar ajustes a su planta industrial. Con tal fin, se limitan acceso masivo de productos extranjeros mediante plazas de desgravación gradual.³

³ *Fracciones arancelarias y plazos de degravación: Tratado de libre comercio de América del norte*, 1ª ed., SECOFI, México, 1994.



Tabla 4.4 Distribuidores de ácido láctico en el año 2006				
Empresa	Proveedores de ácido láctico			
	Normal	Grado alimenticio	Grado Farmacéutico	Sintético
1. Abaquim, S. A.	x			
2. Almacén de Drogas La Paz, S. A. de C. V. ALDROPAZ	x			
3. Alquimia Mexicana, S. de R.L.	x			
4. Astroquim, S. A. de C. V.	x			
5. Baltimore Spice Central América, S. A.	x			
6. Central de Drogas, S. A. de C. V. CEDROSA	x			
7. Chemico Especialidades Químicas, S. A. de C. V.	x			
8. Cía. Quim. Ind. Neumann, S. A. de C. V.	x	x		
9. Cía. Universal de Industrias, S. A. de C. V.	x			
10. Croda México, S. A. de C. V.	x			
11. El Danés, S. A. de C. V.	x			
12. Grupo Protinus, S. A. de C. V.	x	x	x	x
13. Helm de México, S. A.	x			
14. Herschi Trading, High Purity		x		
15. Industrias químicas KCV, S. A. de C. V.	x			
16. Industrias Ragar, S. A. de C. V.	x	x		
17. Makymat, S. A. de C. V.				x
18. Marlin Chemicals Products, S. A. de C. V.	x			
19. Probaind de México, S. A.	x			
20. Productos Básicos Fens, S. A. de C. V.	x			
21. Productos químicos Mardupol, S. A. de C. V.	x			
22. Proveedor Internacional de Químicos, S. A. de C. V.	x			
23. Tecnoespecialidades Comerciales, S. A. de C. V. TECSA	x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia usando el directorio de empresas mediante búsqueda de producto- ácido láctico-. Disponible en World Wide Web: < <http://www.cosmos.com.mx> > consultado el 06 de marzo de 2006.

4.5.6.2. Principales fuentes de abastecimiento en México

El ácido láctico a principios del año 2001 se vendía en México a través de una extensa red de distribuidores. Por ser un producto de importación, en México se encontraban, representantes o filiales de compañías extranjeras que lo producían a través de estas, lo expandían en México



y otros simplemente eran distribuidores nacionales. Los principales distribuidores nacionales de ácido láctico se muestran en la tabla 4.3, aunque actualmente, ya se produce en México con diferentes grados de pureza y diferentes usos, aunque sigue habiendo empresas que son filiales extranjeras o solamente distribuidores como se puede ver en la tabla 4.4.

4.5.7. Historia de las empresas productoras de ácido láctico

El ácido láctico fue aislado por primera vez por Scheele, sin embargo sólo fue una curiosidad de laboratorio por más de 100 años. En los principios del desarrollo comercial del ácido láctico, su fabricación y usos fueron desarrollados por norteamericanos y por ello la industria del ácido láctico ya se encontraba bien instalada en los Estados Unidos, mucho antes que se emprendiera la fabricación del ácido láctico en otros países. La primera planta industrial fue instalada en 1881 por Charles E. Avery en Littleton, Massachusetts. La producción total del ácido láctico en Norte América en 1894 fue de 10 mil libras, 400 mil libras en 1897 y de un millón de libras en 1917.⁴

En 1917 la producción era realizada por 4 empresas:

- American Maize Products Co., en Hammond, Ind.
- Clinton Foods Inc. Clinton, Ia.
- E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc., Wilmington, Del.
- Sheffield Fams Co. Inc. Norwich, N.Y.

Sin embargo hacemos notar que para la producción de 1907, se basó en seis empresas, pero no se mencionan que empresas son. Para 1963 sólo existían dos empresas productoras de ácido láctico, que son:

- Clinton Corn Processing Company, que es una división de Standard Brands Inc., Clinton, Iowa

⁴ Gordon C. Inskip, "Ácido láctico del azúcar de maíz", *Ind. Eng. Chem.*, 44.



- Monsanto Co., St. Luis.

En 1966, estas empresas se mantienen y se les une a otra empresa la cual es⁵:

- Miles Laboratories, Inc. Chemical Division, Elkhart, Ind.

En la tabla 4.5, se resumen las empresas productoras de ácido láctico y el producto que manufacturan, así como algunos derivados del ácido láctico. El grado USP que es más refinado y de mayor calidad de todos los grados de ácido láctico producidos y por lo tanto es más costoso, es producido por Du pont de Nemours.

Empresas	Producto					
	Ácido láctico grado:				Lactato de calcio	Lactato de sodio
	Técnico	Alimenticio	Plástico	USP		
American Maize	si	si	si	no	si	si
Clinton Foods	si	si	si	no	si	si
Clinton Corn	si	si	si	no	si	si
Du pont Neumours	si	si	si	si	si	si
Miles Lab.	si	si	si	no	si	si
Monsanto Co.	si	si	si	no	si	si
Sheffield Faros	si	si	si	no	si	si

Fuente: Raymond Kirk and Donald F. Othmer, *Enciclopedia de tecnología química*, 3ª. ed. Board., New York (E. U. A.), 1999, t 13, p. 80 – 101.

4.5.8. Especificaciones técnicas del producto

El ácido láctico se produce en cuatro diferentes grados para su venta enumerados por orden de calidad creciente como se ha dicho anteriormente.

- ❖ Técnico comercial
- ❖ Comestible o alimenticio
- ❖ Plástico o sintético
- ❖ USP o farmacéutico

Aunque también puede existir otro grado que seria de acuerdo a las necesidades de cada uso

⁵ Raymond Kirk, Op. cit.



El ácido láctico grado técnico se vende en soluciones acuosas del 22, 44, 66 y 80% en peso, en barricas de roble, ciprés o pino; en carros tanque revestidos de goma; y en garrafones de vidrio revestidos de para estos fines. El grado de ácido puede ser obtenido por acidulación directa de la cerveza fermentada con ácido sulfúrico, seguida de una de filtración del sulfato de calcio formado durante la reacción y otras impurezas, para posteriormente ser concentrados al grado deseado. La cantidad y calidad de tales impurezas dependerá del sustrato inicial y así como del método de manufactura y del grado de refinación.

El ácido láctico grado comestible o alimenticio se vende en concentraciones de 50 y 80% en peso en soluciones acuosas, en carros tanque con revestimiento de vidrio o garrafones de vidrio. Se puede obtener a partir de carbohidrato refinado mezclado con un mínimo de medio de nutrientes minerales y carbonato de calcio relativamente puro, al término de la fermentación se acidifica con ácido sulfúrico y se filtra el sulfato de calcio precipitado y posteriormente concentrado y refinado por medio de un tratamiento de carbón activado y /o resinas de intercambio iónico y evaporadores ácidos que trabajan a presiones reducidas o al vacío suministrados a través de eyectores de porcelana o de acero inoxidable pasando finalmente a la sección de embarque y almacenamiento.

En ácido láctico grado plástico o sintético se vende en concentraciones de 50 y 80%, se obtiene de igual forma que el ácido de grado alimenticio, pero recibe tratamiento adicional con carbón activado.

El ácido láctico grado USP se vende en soluciones acuosas al 85% en peso en garrafones o vagones tanque revestidos de vidrio. Puede obtenerse del licor de fermentación al igual que los



anteriores grados del ácido, pero el proceso de purificación es más complicado, puesto que su pureza es mayor. La purificación puede llevarse a cabo por: extracción con solvente (metanol por ejemplo), destilación del vapor a alto vacío y por destilación de un ester volátil tal como el metil lactato.

El ácido láctico para consumo se destina a diversos sectores industriales en cuanto a su uso, ya sea como ácido láctico o en algunos de sus derivados. La tabla 4.6 muestra los diferentes grados de ácido láctico y algunos de sus derivados indicando el sector industrial al cual va dirigido.

Sector	Producto					
	Ácido láctico grado:				Lactato de calcio	Lactato de sodio
	Técnico	Alimenticio	Plástico	USP		
Alimentos	No va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Cervezas y bebidas.	No va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Farmacéutico	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	Si va dirigido	Si va dirigido
Textil	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Solvente	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Encurtidos	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Plasticidas	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Recubrimientos	Si va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Electroquímica	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Tabacalera	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Química	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido
Fotográfica	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Litográfica	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Electroplateado	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Polímeros Resinas	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Adhesivos	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Espumas	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido
Insecticidas Fungicidas Herbicidas	Si va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido	No va dirigido

Fuente: Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.



El más importante uso del ácido láctico está en la industria alimenticia (aunque en las últimas décadas ha cobrado importancia el uso del ácido láctico en otros sectores y por lo que se recomienda ver el punto de análisis del mercado de consumo) de que puede utilizarse como acidulante y que puede utilizarse en cualquier clase de alimento o bebida en su grado comestible. Las propiedades que lo hacen apropiado para el consumo en alimentos son:

Un ligero sabor ácido contrastando con el de la mayoría de los ácidos que tienen un sabor picante; no oculta ni domina otros sabores; en algunos otros productos alimenticios actúa como preservativo; su forma líquida simplifica los problemas de su aplicación como ingrediente en los alimentos. Todas estas propiedades lo hace un ácido apropiado de calidad comestible en alimentos y remedios para animales, en productos de repostería, en la cerveza, la mantequilla, dulces, quesos, claras de huevos desecadas, extractos, saborizantes, jalea, pectina líquida, encurtidos, col fermentada, bebidas carbonatadas, sopas, etc.

Todos los grados y concentraciones del ácido láctico son utilizados en diferentes aplicaciones industriales, se utiliza como bactericida pulverizado en el aire. El ácido láctico crudo (licor de fermentación, que no ha sido refinado) se utiliza en la industria del cuero para desencalar pieles, para remojar e hinchar el cuero para suelas y en el encurtido con vegetales. Se utiliza como materia prima para la elaboración de los lactatos de metilo, etilo y n-butilo, los cuales son utilizados como disolventes de lacas, polivinilos, gomas, resinas, celulosa, tintes y tinturas.

El lactato de calcio se utiliza en terapias a base de calcio, se emplea como coagulante de la sangre en el tratamiento de hemorragias y se utiliza para dar consistencia a las manzanas.



El lactato de sodio es utilizado para sustituir el glicerol como plastificante y humectante en el papel y en la industria textil, por ser altamente higroscópico; el lactato de aluminio se utiliza como antisudorífico; el lactato de antimonio se utiliza en la tintura de textiles como mordiente; el lactato de hierro se emplea para el tratamiento de la anemia, como ingredientes de tónicos y en alimentos para niños.

El ácido láctico grado plástico, se utiliza en la preparación de recubrimientos, elastómeros, plasticidas y adhesivos. Puede ser incorporado en compuestos de pulimento y limpieza "ácidos". Por ser un compuesto no volátil, no tóxico, no afecta ó ataca la madera y no cristaliza.

El lactato de amonio se utiliza como un catalizador en la aplicación de diversos tipos de acabados de resinas para algodón y rayón. Se utiliza en litografía como un ingrediente estándar de soluciones reveladoras de grabado profundo. Los ésteres del ácido son utilizados para la preparación de lacas, barnices, tintas y organosoles.

4.6. Patentes y publicaciones

Un aspecto muy importante del estudio de factibilidad de un proyecto es el realizar un análisis del mercado de tecnología, por lo que el estudio de las patentes y artículos publicados sobre el producto son necesarios.

En la gráfica 4.1, producto de la tabla 4.7, donde se muestra el número de publicaciones en cuanto a patente y artículos que se refiere sobre la manufactura, preparación y producción del



ácido láctico, reportado a partir de 1920 hasta 1984. En esta gráfica también se puede observar el número de publicaciones en cuanto a patentes y número de publicaciones y se refiere exclusivamente sobre la manufactura (proceso a escala industrial) de ácido láctico, reportado de 1920 hasta 1984⁶, tabla 4.6.

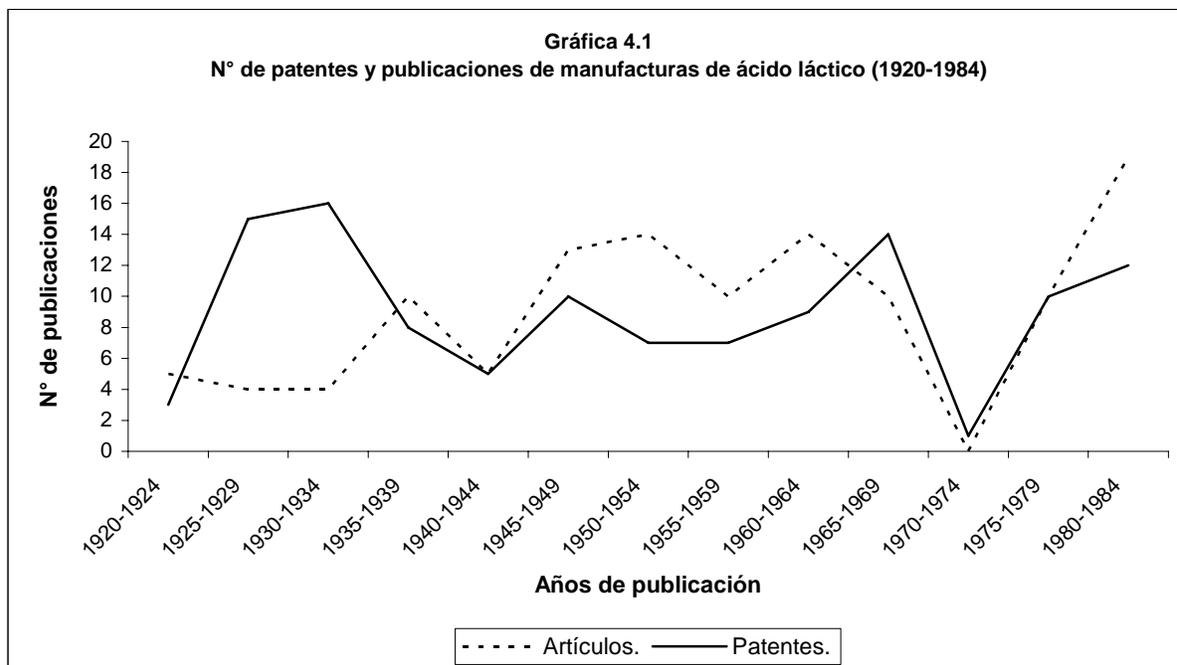
Tabla 4.7 Número de patentes artículos publicados de 1920 a 1984 sobre manufactura del ácido láctico		
Año	N° patentes	N° artículos
1920-1924	5	3
1925-1929	4	15
1930-1934	4	16
1935-1939	10	8
1940-1944	5	5
1945-1949	13	10
1950-1954	14	7
1955-1959	10	7
1960-1964	14	9
1965-1969	10	14
1970-1974	0	1
1975-1979	10	10
1980-1984	19	12

Fuente: *Chemical Abstracts*, American Chemical Society, Columbus, USA, 1920-1984.

Si observamos la gráfica 4.1 notamos una tendencia ascendiente en el número de artículos y patentes reportados durante el período considerado, haciendo notar que el descenso del número de patentes de 75-79 a 80-84, básicamente se debe a que sólo se está considerando un semestre del año 1984, correspondiente al ácido láctico 1er semestre, puesto que la información sobre el segundo semestre no se encuentra disponible en la gráfica; se observa el mayor incremento en los últimos 15 años, de 1970 a 1984, con 849 patentes y 149 artículos reportados⁷.

⁶ *Chemical Abstracts*, American Chemical Society, Columbus, USA.

⁷ Idem.



Fuente: Elaborado con los datos de la tabla 4.7.

En conclusión, el incremento observado en la gráfica 4.1 en número de publicaciones reportados de 1920 a 1984, en cuanto a patentes y artículos se refiere, concuerda con el surgimiento de nuevas áreas de aplicación del ácido láctico y va de acuerdo al incremento observado sobre el número de patentes y artículos reportados sobre estas nuevas áreas de acuerdo a las gráficas 4.2 (referente al análisis del mercado del consumo). Aunque la mayor parte de patentes y artículos corresponde a tecnologías enfocadas a perfeccionar u optimizar los métodos de purificación o corresponde a métodos de obtención de ácido láctico a nivel laboratorio.

4.6.1. Análisis de las patentes y publicaciones de acuerdo al mercado de consumo

Dentro del estudio de factibilidad, es también importante el realizar y considerar un análisis del mercado de consumo del producto en cuestión, en nuestro caso el ácido láctico, para estimar la demanda que tendrá este producto y poder determinar si es factible y rentable producirlo; en



base a las áreas de consumo que predominan el mercado de consumo. En la gráficas 4.3 se grafican las diferentes áreas ó sectores de consumo hacia las cuales se destina el ácido láctico como producto, por períodos de cinco años desde 1955 hasta 1984, acorde a los datos reportados en el Chemical Abstracts para el período mencionado anteriormente. Se listan a continuación los diversos sectores de consumo del ácido láctico.

- a) Catalizadores
- b) Alimenticio
- c) Recubrimientos (equipos de proceso)
- d) Plasticidas
- e) Curtido de pieles
- f) Inhibidor de corrosión
- g) Resinas
- h) Solventes
- i) Electroplateado
- j) Fotográfica
- k) Litográfica y tintas
- l) Bebidas (cervezas y vinos en general)
- m) Farmacéutico
- n) Herbicidas, insecticidas, fungicidas
- o) Industria textil
- p) Electroquímica

Observamos en las gráficas, que de 1955 a 1969 en el sector farmacéutico, en la producción de herbicidas, insecticidas, fungicidas; en el sector alimenticio; de curtido de pieles y en la industria de bebidas (comprende la industria cervecera y vinos) se encontraba el predominio del mercado de consumo del ácido láctico. Es decir, no se había encontrado ó avanzado en el campo de investigación para encontrar nuevas aplicaciones para el ácido láctico o sus derivados. Básicamente, el ácido láctico era utilizado en la industria alimenticia como saborizante, acidulante, preservativo y en la forma de lactatos de calcio y sodio se destinaba su uso en la industria farmacéutica para la producción de medicamentos para el tratamiento de shock y sueros vía intravenosa, así como para el curtido y desencalado de pieles.



A medida que se encontraron nuevos campos de aplicación para el ácido láctico y sus derivados (sales y ésteres del ácido láctico) otras áreas del mercado de consumo tomaron auge y predominio de éste. Si observamos las gráficas observamos que en los últimos años, de 1970 hasta 1984 las áreas que predominan son:

- Catalizadores
- Recubrimientos
- Inhibidores de corrosión
- Resinas
- Electroplateado
- Fotografía
- Litográfica

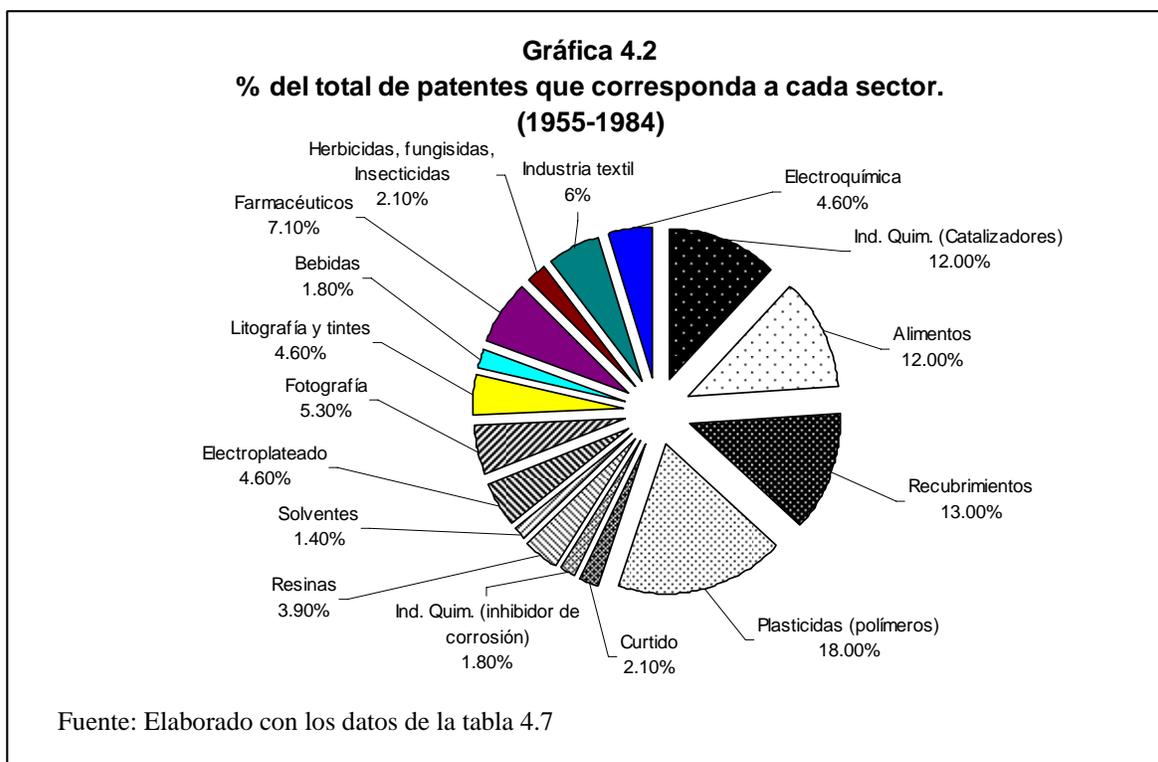
Tabla 4.8
Sectores de consumo de ácido láctico y empresas que dominan dichos sectores (1955-1984)

	Sector	Nº de patentes	% del total de patentes	Nombre de la(s) empresa(s)	País
s1	Industria química. (Catalizadores)	34	0.12	Nisso petrochemical industries Co. Monsanto Co. Conoco Inc.	Japón USA Japón
s2	Alimentos	34	0.12	Prat Daniel S. A. Kelco Co. Swift Co.	Francia USA Bélgica
s3	Recubrimientos	37	0.13	Nipón O. Saint Co., Ltd. Dainippon Toryo Co. Ltd. Otsuka Chemical Co. Ltd.	Japón
s4	Plasticidas (polímeros)	51	0.18	Asahi chemical Ind. Co. Toyo Rubber chemical Ind. Co. Bitzer Diethelm. Kao Soap Co. Ltd.	Japón Japón Alemania Japón
s5	Curtido	6	0.021	Novosib Institute sov Instituto de microbiología	Rusia Rusia
s6	Ind. Química. (inhibidor de corrosión)	5	0.018	Hitachi Ltd. Katayama chemical Works Co.	Japón
s7	Resinas	11	0.039	Toyo Rubber chemical Ind. Co. Paratech Inc.	Japón USA
s8	Solventes	4	0.014	Nitto Electric Industrial Co.	Japón
s9	Electroplateado	13	0.046	Toshiba corp. Sadakov G.A. Dipsol Chemical Co. Ltd.	Japón Rusia USA
s10	Fotografía	15	0.053	Fuji Photo Film Co. Ltd. Oriental Photo Ind. Co. Eastaman Kodak Co. Gevart Photo Producten N.V.	Japón. Japón. USA Alemania.
s11	Litografía y tintes	13	0.046	Mitsubishi Chemical Ind. Co. Dainippon Ink. And Chemical Sony corp.	Japón
s12	Bebidas	5	0.018	Taiyo Foods Co. Ltd.	Japón.



				Tsukane Tagami Yakurutu co.	
s13	Farmacéuticos	20	0.071	Tianjin Institute Drug control Wells A&G Du pont Neumours	China USA USA
s14	Herbicidas Funguicidas Insecticidas	6	0.021	Lab. Prolac Allied chemical Corp. Boots Pure Drug Co. Ltd.	Francia. Francia. USA
s15	Industria textil	16	0.057	Hoechst A. G. International Wool Secretariat Co. Dainippon Ink. And Chemical	Holanda. Inglaterra. Japón.
s16	Electroquímica	13	0.046	Jewelry Industry Societe Anon Nice Anodisation Occidental Chemical Corp.	Rusia. Francia. USA
Fuente: Hugo Norberto Ciceri Silvenses, <i>Estudio de casos: El ácido láctico</i> , Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.					

En el primer período de 1955 a 1969 básicamente dominaban dos áreas que son:
 -Industria alimenticia con 76 artículos y 28 patentes reportadas
 -Industria farmacéutica con 26 artículos y 11 patentes reportadas



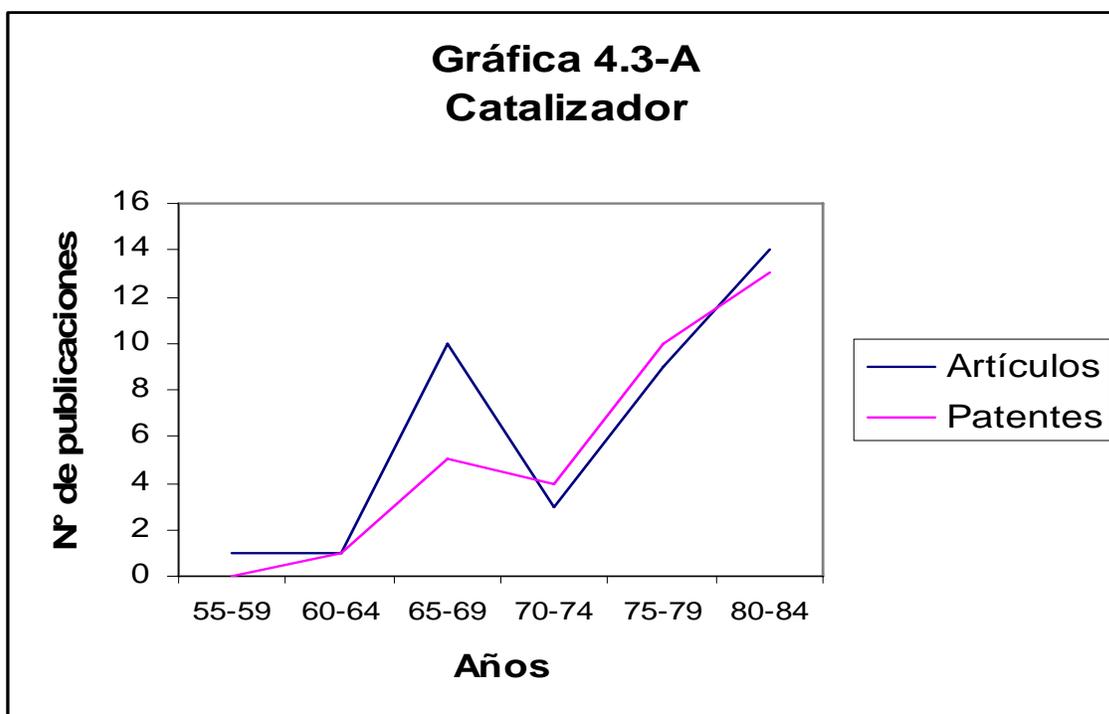
Para el segundo período de 1970 a 1984 las áreas con mayor predominio son:

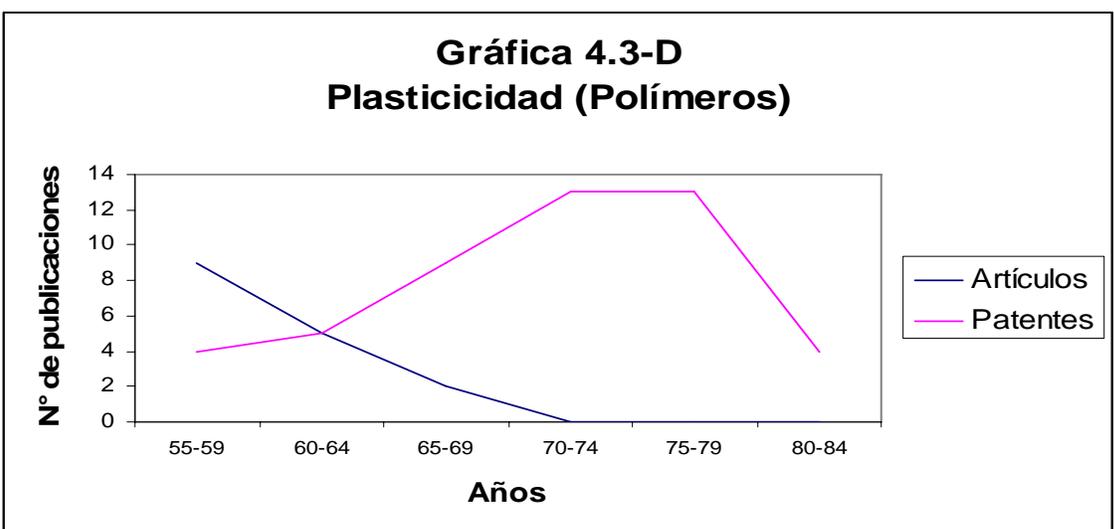
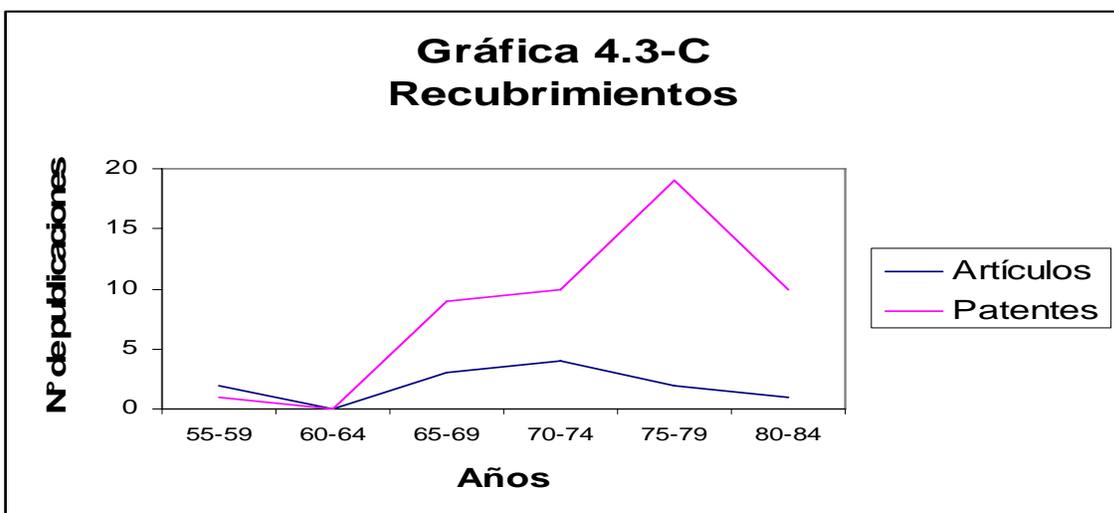
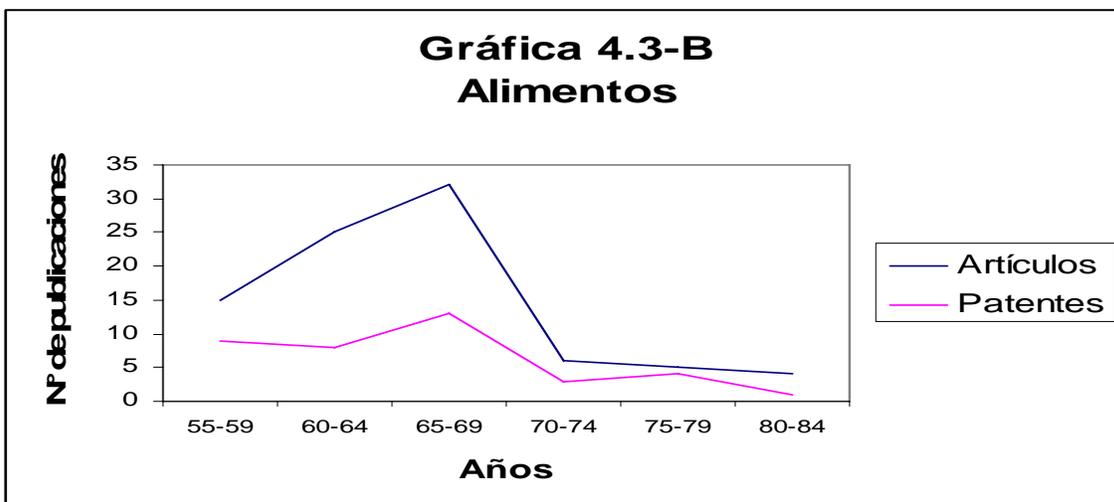
- Catalizadores con 25 artículos y 28 patentes
- Electro plateados con 16 artículos y 13 patentes
- Recubrimientos con 8 artículos y 38 patentes

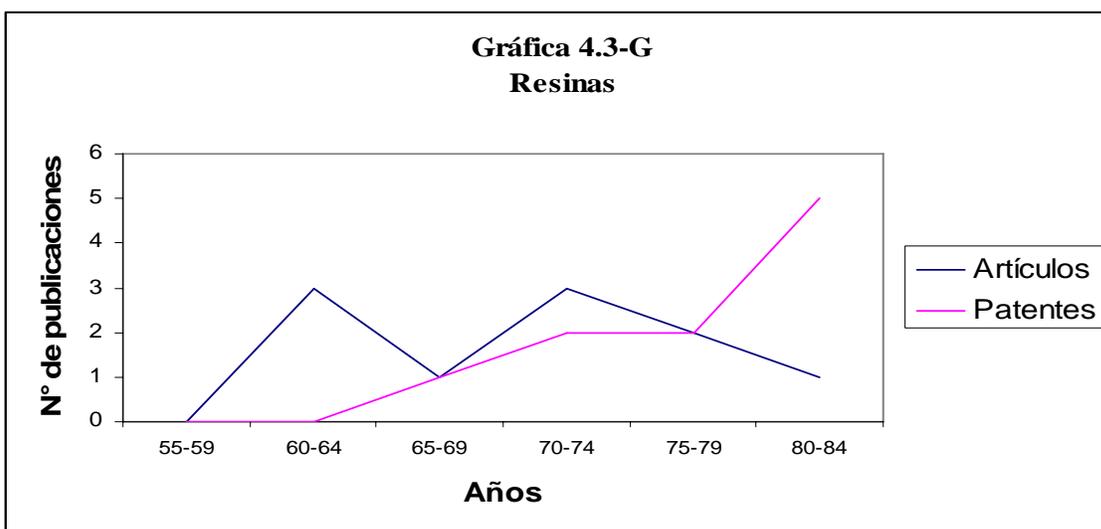
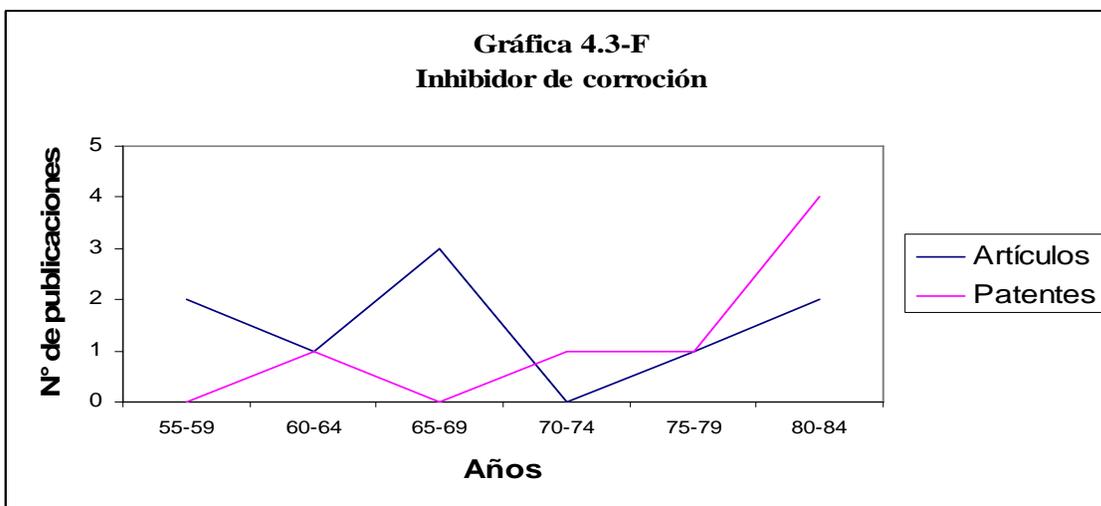
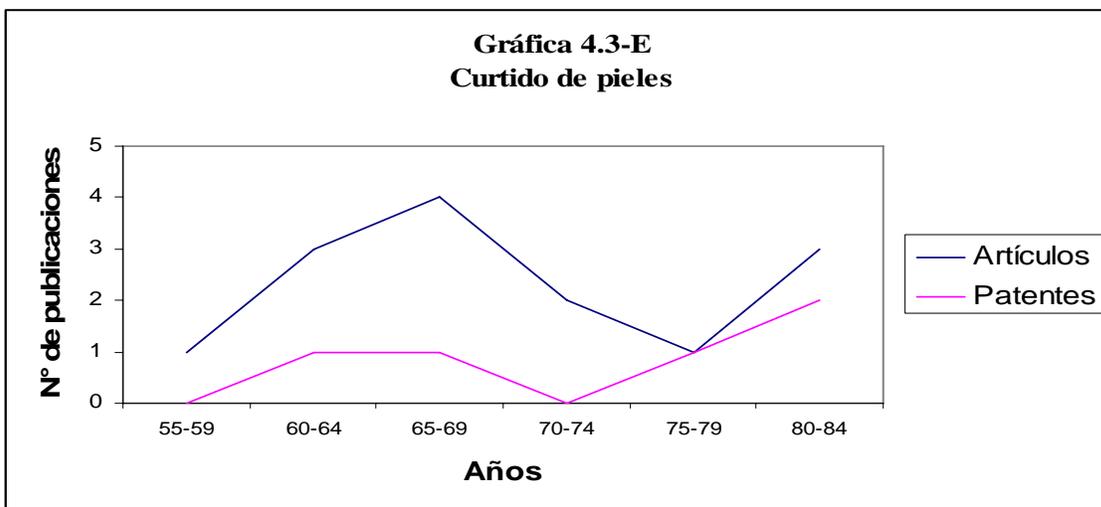


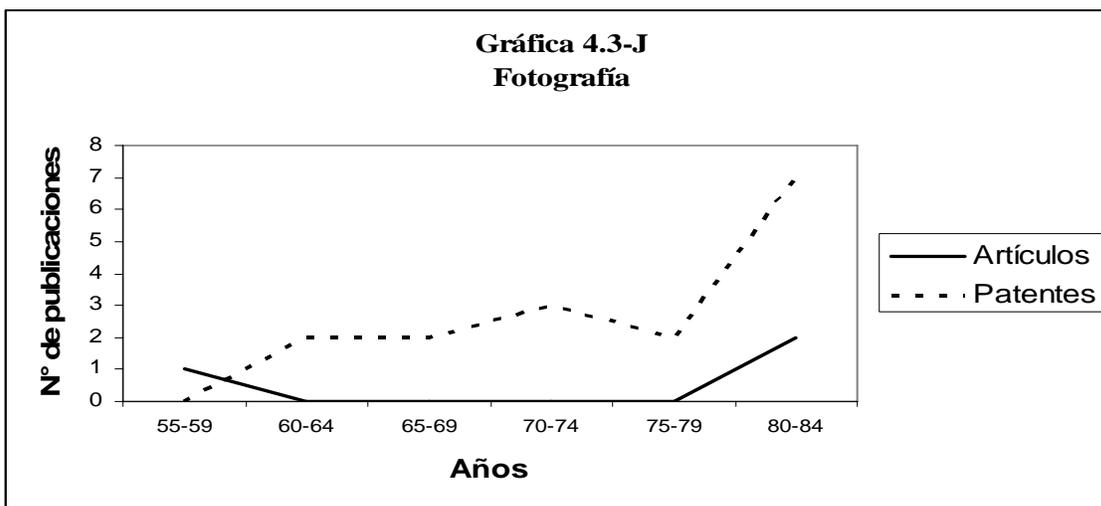
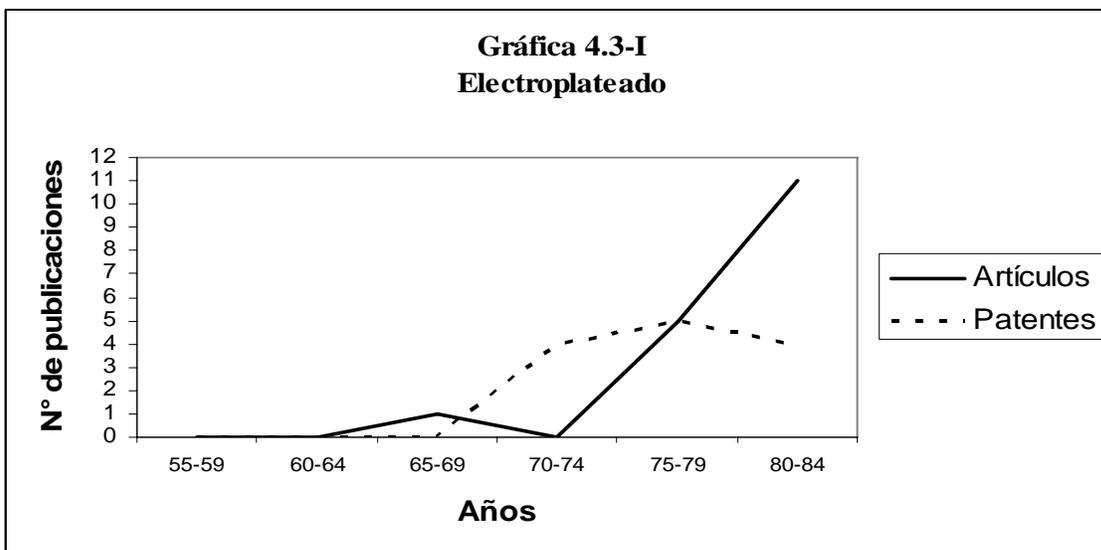
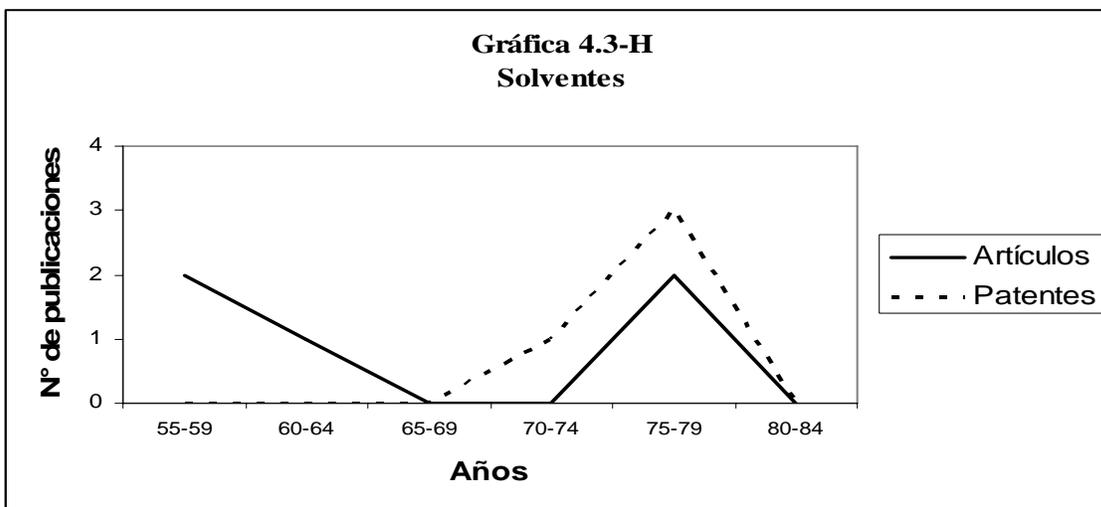
De aquí podemos concluir que actualmente el mayor consumo de ácido láctico se está destinando a la industria química y a la manufactura de recubrimientos resistentes a la corrosión utilizados en el diseño de equipo de procesos principalmente aunque hay otros sectores de consumo y proceso (tabla 4.8), además observamos la variación de estos usos de acuerdo a su porcentaje de aplicación (gráfica 4.2).

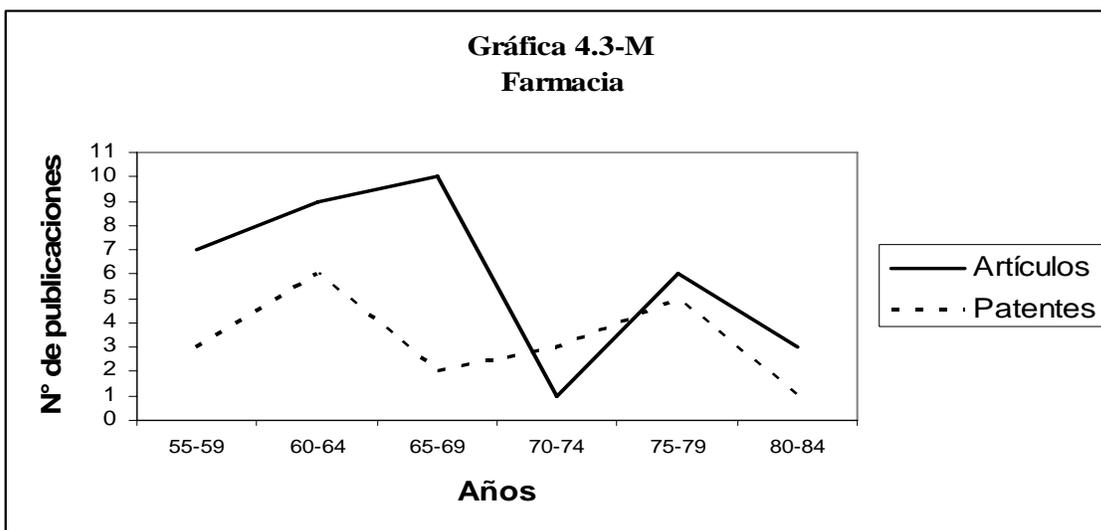
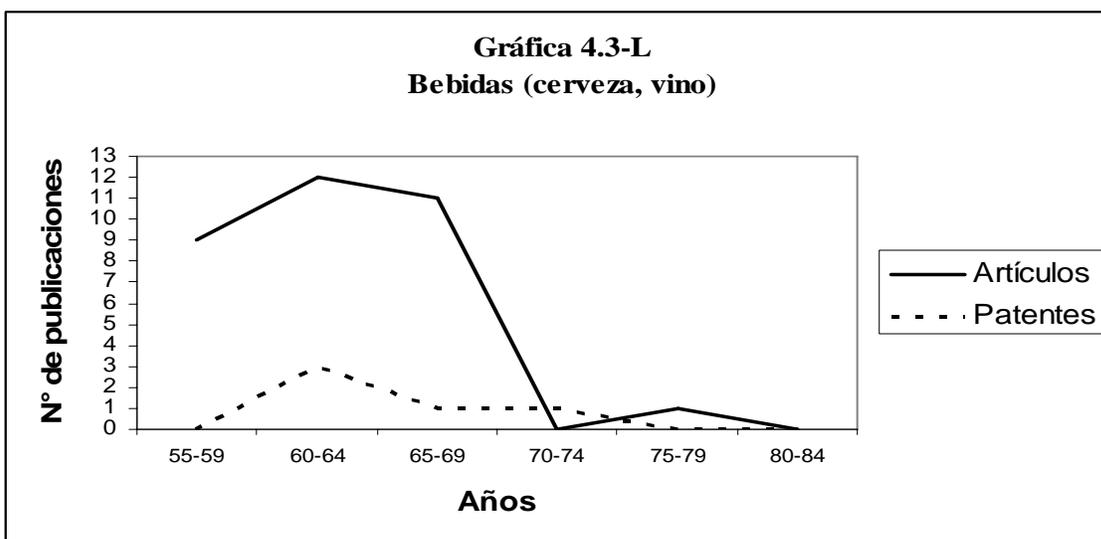
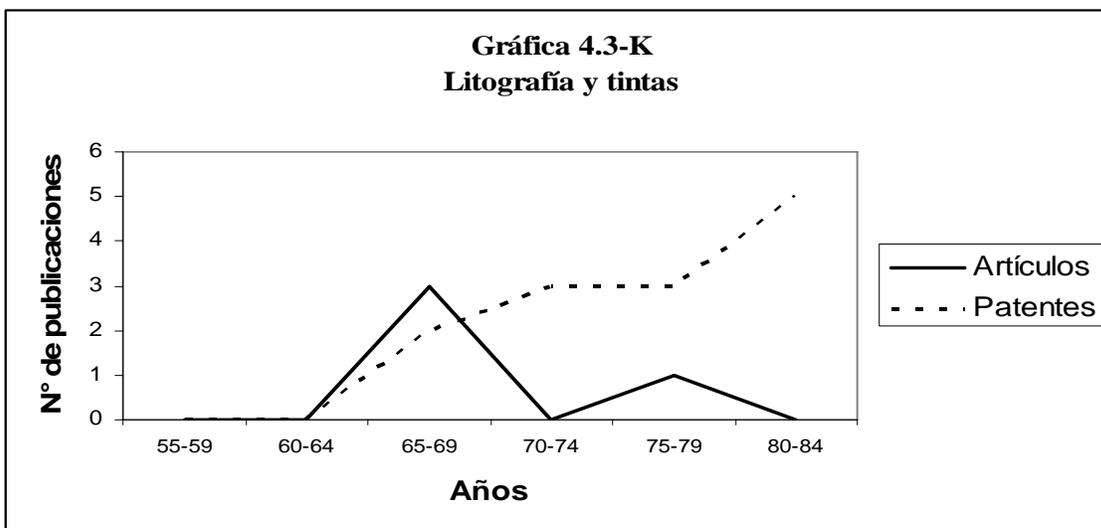
Gráficas 4.3 A-P
Número de patentes y artículos referentes a usos del ácido láctico
(1955-1984)

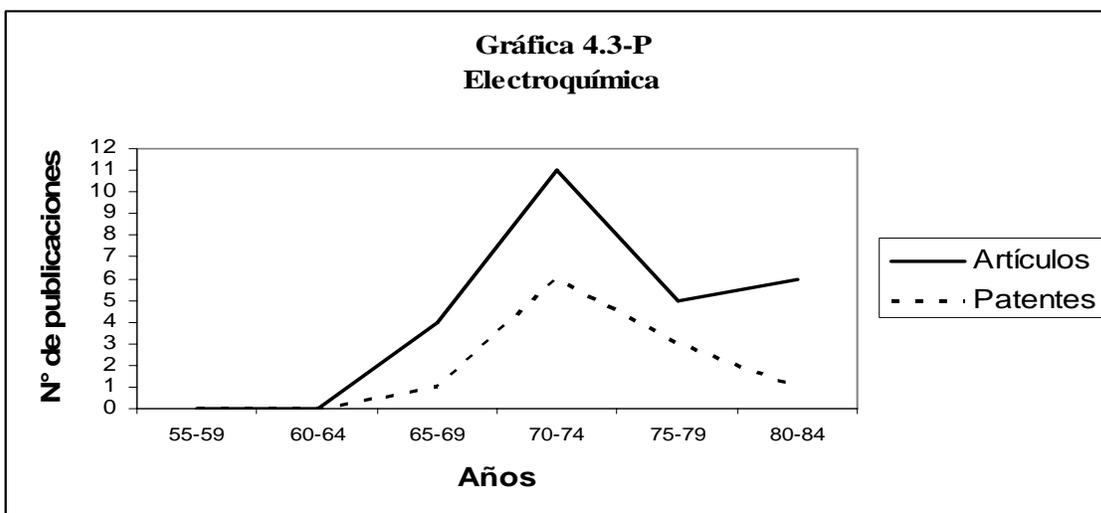
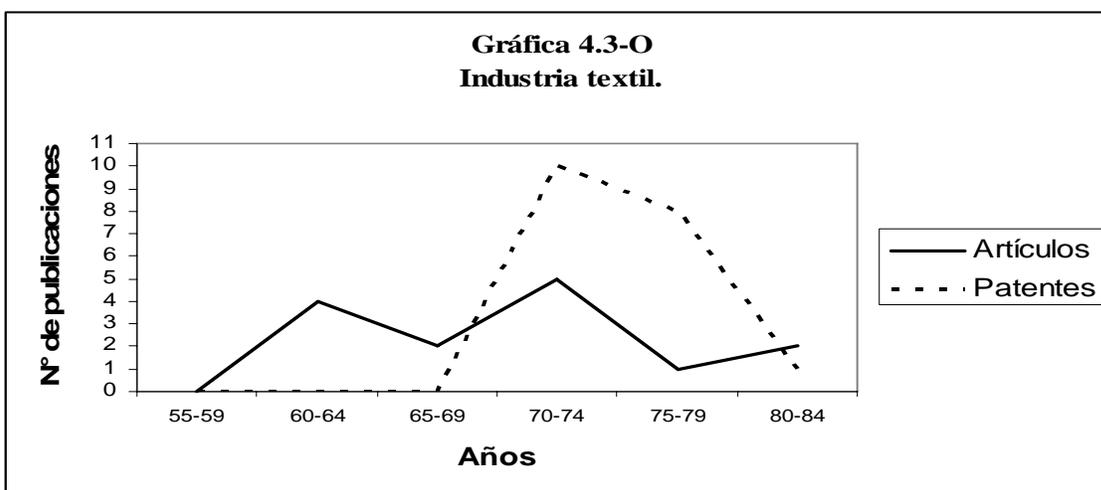
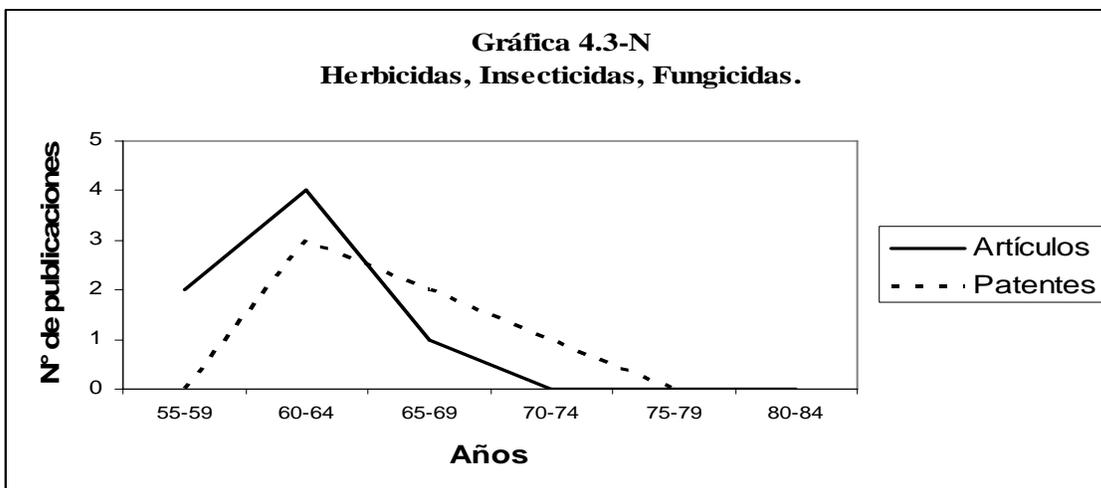












Fuente de las gráficas 4.3 A-P: Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.



4.7. Tecnologías disponibles en el mercado nacional e internacional

El ácido láctico es un producto en su mayoría de importación por lo cual no se dispone de tecnología a nivel nacional, por lo cual es importante el realizar un análisis detallado de las tecnologías disponibles a nivel internacional pues será un factor preponderante para poder determinar la factibilidad del proyecto.

En el mercado internacional la tecnología disponible para manufacturar ácido láctico es básicamente de dos tipos: Fermentación de carbohidratos y síntesis química.

En la tabla 4.9, se resumen los métodos para obtener el ácido láctico, mostrándose características generales de cada método ó proceso de obtención de ácido láctico, así como el autor ó empresa que sustenta tal tecnología. Se describen los procesos listados en dicha tabla a continuación con los que se cuenta en esta fase de desarrollo del proyecto.

American Maize Products Co. produce ácido láctico grado técnico, comestible y lactato de calcio.

American Maize emplea *Lactobacillus delbrückii* para producir la mezcla racémica del ácido láctico. La bacteria se activa sucesivamente en un tubo de ensayo, en un frasco de 500 ml y finalmente en un frasco de 6 litros conteniendo 3 litros del medio de cultivo. Después de 24 horas de incubación, se utiliza el cultivo para inocular los tanques de cultivo enchaquetados, de acero inoxidable con agitadores verticales (el equipo se muestra en el diagrama de flujo en la figura 4.2).



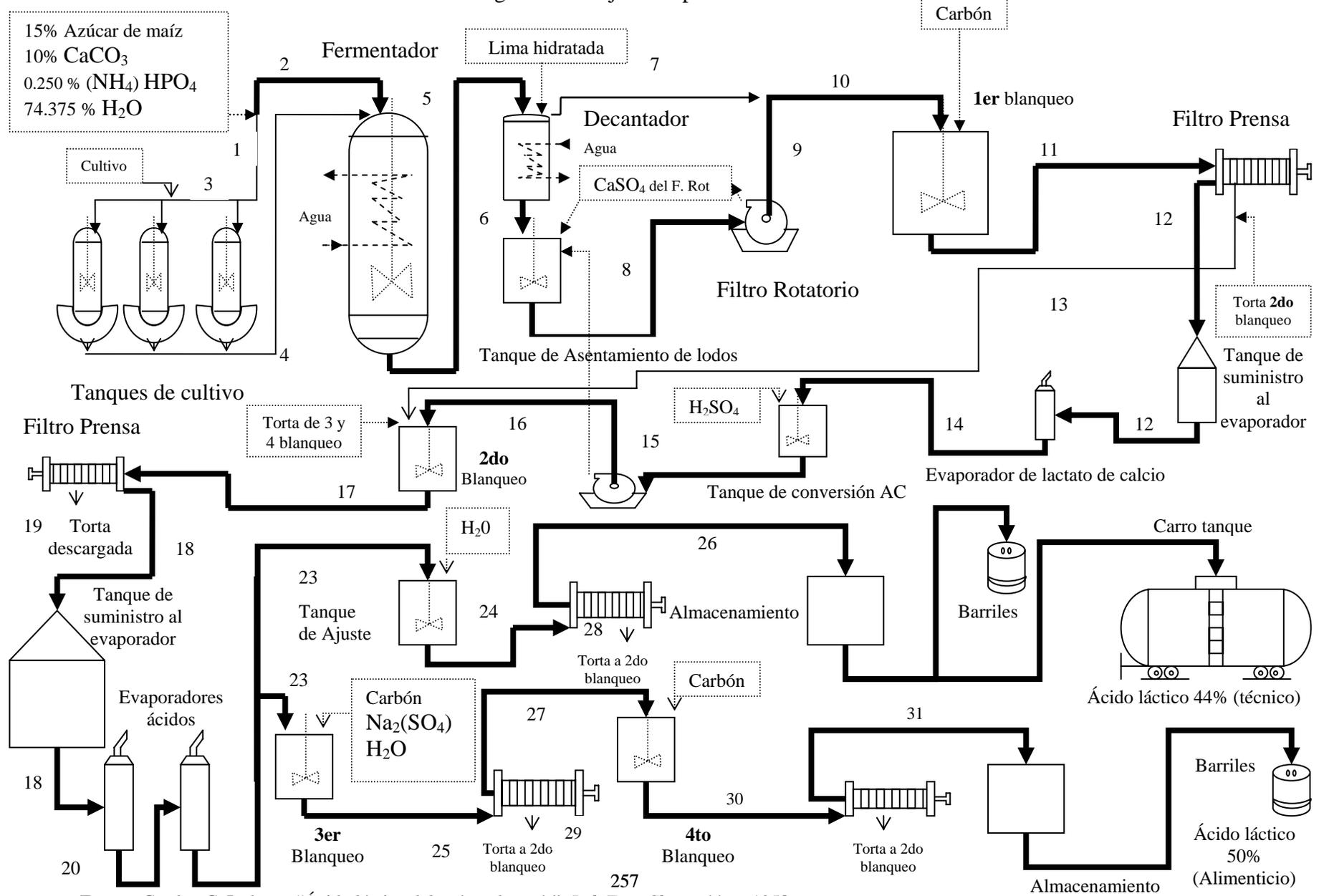
Los tanques de cultivo son cargados previamente con un medio acuoso utilizado como nutriente cuya composición es: 15% de azúcar de maíz; 0.375% de malta germinada; 0.25% de fosfato de amonio; 10% de carbonato de calcio; y 74.375% de agua. El carbonato de calcio se utiliza como amortiguador para mantener el pH en el rango óptimo de 5.8 a 6.0.

Después de 24 horas de incubación a 120 °F, los tanques de cultivo se utilizan para inocular el fermentador con medio de igual composición. Un tanque de cultivo se utiliza para inocular un fermentador de 6600 galones ó tres son utilizados para inocular los fermentadores de 30,000 galones. Los fermentadores pequeños se llenan a un volumen de 4600 galones y los fermentadores más grandes a un volumen de 24,000 galones.

Los agitadores de los tanques de cultivo son dos brazos transversales sobre un "árbol" vertical de madera. El fermentador está equipado con un agitador tipo propela de acero inoxidable localizado a un costado del tanque.

La temperatura en los fermentadores pequeños, se controla haciendo circular agua proveniente de un tanque central de suministro a través de serpentines internos. Estos serpentines son de tubería de acero inoxidable de 2 pulgadas de diámetro y con un área de transferencia de calor de 60 ft². La temperatura en los fermentadores más grandes se controla individualmente y automáticamente manteniéndola a 120 °F, por medio de agua caliente que circula a través de serpentines. Los serpentines tienen aproximadamente 180 ft² de superficie de transferencia de calor.

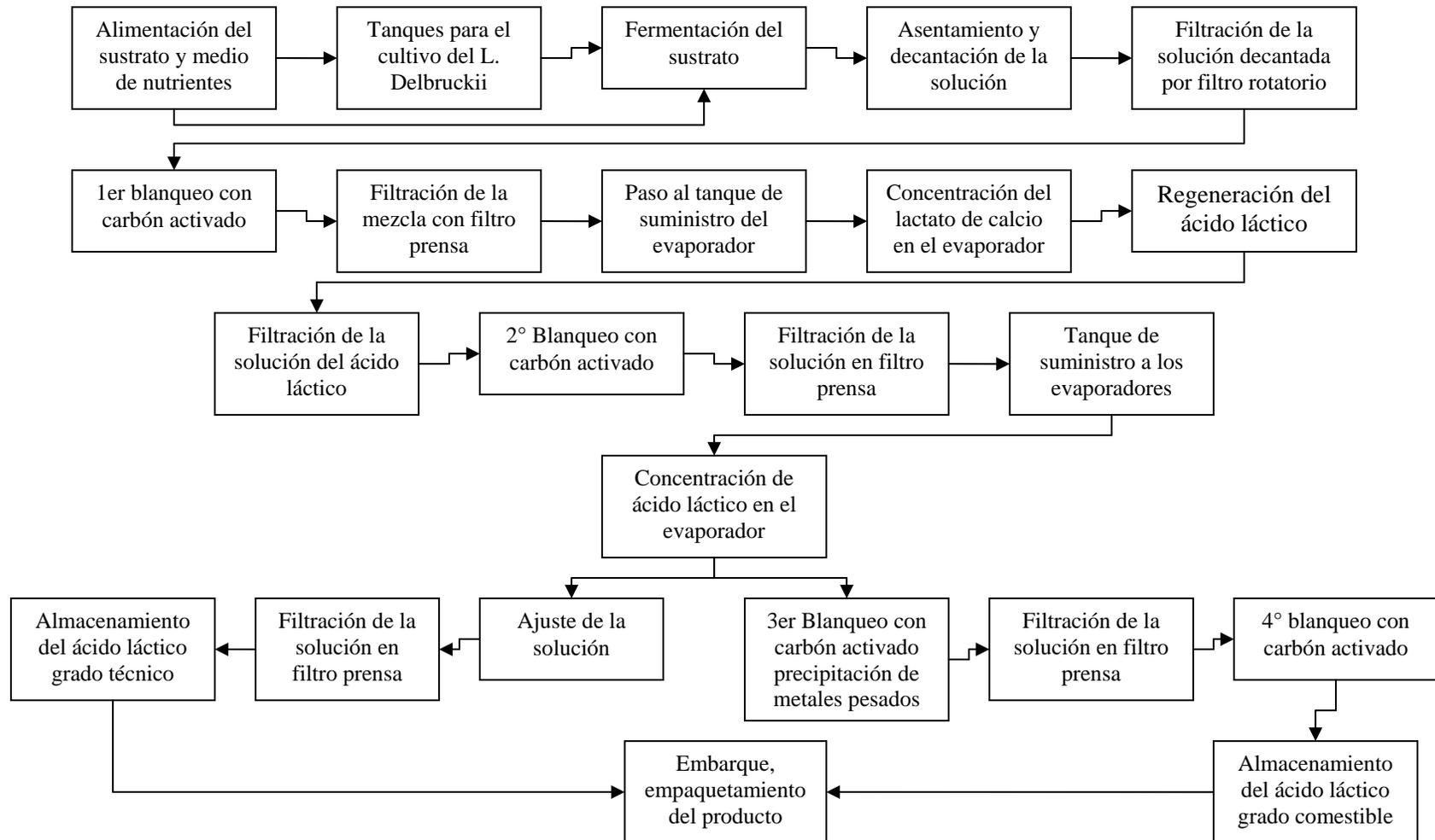
Figura 4.2
Diagrama de flujo de la planta American Maize



Fuente: Gordon C. Inskeep, "Ácido láctico del azúcar de maíz", *Ind. Eng. Chem.*, 44, p. 1958.



Figura 4.3
Diagrama de bloques para la producción de ácido en la planta American Maize



Fuente: Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.



La temperatura de operación de 120 °F esta por encima de la temperatura óptima de fermentación para la mayoría de las bacterias, las cuales aparecen como contaminantes. Debido a esto, no es necesario calentar el medio para los tanques de cultivo ó fermentadores para alcanzar la temperatura de pasteurización. Después de cada lote los tanques son lavados con agua caliente, se llenan con agua y se calientan a ebullición antes de ser rellenos nuevamente.

Cuando la concentración de azúcar ha disminuido del 15% inicial a 0.10%, la fermentación se considera completa. El organismo se inactiva calentando el medio hasta 180°F. El tiempo de fermentación varía de 4 a 6 días.

El ácido láctico producido reacciona con el carbonato de calcio formando el lactato de calcio; la inhibición de la acción bacterial por incremento de la acidez es así evitada. La solubilidad del lactato de calcio a la temperatura de fermentación está en el rango de 12 a 15% y esto por lo tanto limitada la concentración final obtenible en las soluciones del ácido láctico.

Del fermentador, el licor es bombeado a un tanque de asentamiento y decantamiento donde lima hidratada se adiciona hasta un pH de 10.0 y la temperatura es elevada a 180 °F. La temperatura elevada y el pH sirven para coagular la proteína presente, facilitando la filtración subsecuente al ser más completo el asentamiento. Después del ajuste final del pH, la lechada se agita por 30 minutos y es seguida por un asentamiento de 2 a 6 horas.

El licor clarificado se decanta y es bombeado al primer tanque de blanqueo; el lodo del fondo se transfiere por gravedad a un tanque de asentamientos de lodos.



Las lechadas combinadas son filtradas a través de un filtro rotatorio construido de acero al carbón recubierto de goma y de acero inoxidable tipo 316. El vacío es suministrado por un eyector de vapor de acero inoxidable ó de porcelana. El filtrado va hacia al primer tanque de blanqueo combinado con el licor del tanque de decantamiento. La torta de filtrado es lechada con agua y bombeada a otra sección de la planta para recuperar el producto.

Carbón vegetal activado se adiciona a la solución de lactato de calcio en el primer tanque de blanqueo en la proporción de 3 libras de carbón por 40 galones de lactato de calcio con una concentración promedio de 14%. La mezcla es filtrada en un filtro prensa de platos de madera. El filtrado va hacía un tanque de suministro del evaporador y el carbón es reutilizado en el segundo tanque de blanqueo.

El licor de lactato de calcio blanqueado es concentrado en un evaporador al vacío de efecto simple a una concentración de 32%. El evaporador es operado a una presión de 17 pulgadas de mercurio y una temperatura de 160 °F, suficientemente alta para prevenir la cristalización. Los tubos del evaporador son de cobre de 2 pulgadas de diámetro y el cabezal de vapor es construido de aleaciones de bronce. El porcentaje promedio de evaporación es de 400 libras de agua por hora.

El concentrado del evaporador es bombeado a los tanques de conversión del ácido construidos de madera, donde ácido sulfúrico (50 °Be) es adicionado. La proporción de ácido se controla manualmente para obtener la reacción completa con el lactato de calcio conforme entra al tanque.



El sulfato de calcio precipitado en el tanque de conversión es filtrado a través de un filtro rotatorio. El ácido láctico filtrado va hacia un segundo tanque de blanqueo, donde el carbón del primer, tercer y cuarto blanqueo es adicionado. La torta de filtrado es lechada en un tanque con la adición de bastante lima hasta un pH de 10.0. El sulfato de calcio lechado es bombeado hacia el tanque de asentamiento de lodos para actuar como un filtro adicional coadyuvando a la filtración del lodo proveniente del fermentador. La lechada de ácido láctico - carbón en el tanque de blanqueo es checada y el ajuste se realiza adicionando ácido sulfúrico o lima hidratada. La lechada es filtrada a través de un filtro prensa, la torta es descargada y el filtrado colectado en el tanque de suministro del evaporador.

Se dispone de dos evaporadores que son usados alternativamente para concentrar el ácido del 8 al 50%. Ambos evaporadores son de acero inoxidable tipo 316. El primer evaporador es de efecto simple con una proporción de evaporación de 2000 a 6000 libras de agua/Hr. y el segundo evaporador es de efecto doble. El vacío es suministrado por medio de un condensador barométrico y un eyector de vapor de doble etapa con ínter condensador.

El concentrado del evaporador es bombeado a un tanque de blanqueo y tratamiento químico. En este tanque el ácido láctico al 52% es tratado con sulfuro de sodio para precipitar los metales pesados y un tercer blanqueo con carbón activado es dado a la solución, utilizando carbón nuevo; en éste punto el ácido es checado por el laboratorio de control de calidad para ver que este libre de ácido sulfúrico, metales pesados, olor y color.

La lechada del tercer blanqueo es filtrada por medio de un filtro prensa y la torta se recircula al segundo tanque de blanqueo y el filtrado hacia al cuarto y último tanque de blanqueo. Nuevamente se realiza un chequeo para control de calidad la filtración final se realiza por



medio de un filtro prensa en igual forma al realizado en el tercer blanqueo. El producto terminado va hacia un tanque de almacenamiento recubierto de vidrio a partir del cual barriles de roble blanco recubiertos de parafina ó vidrio, y garrafones de vidrio son llenados y dispuestos para su embarque. El carbón del cuarto blanqueo es recirculado al tanque del segundo blanqueo.

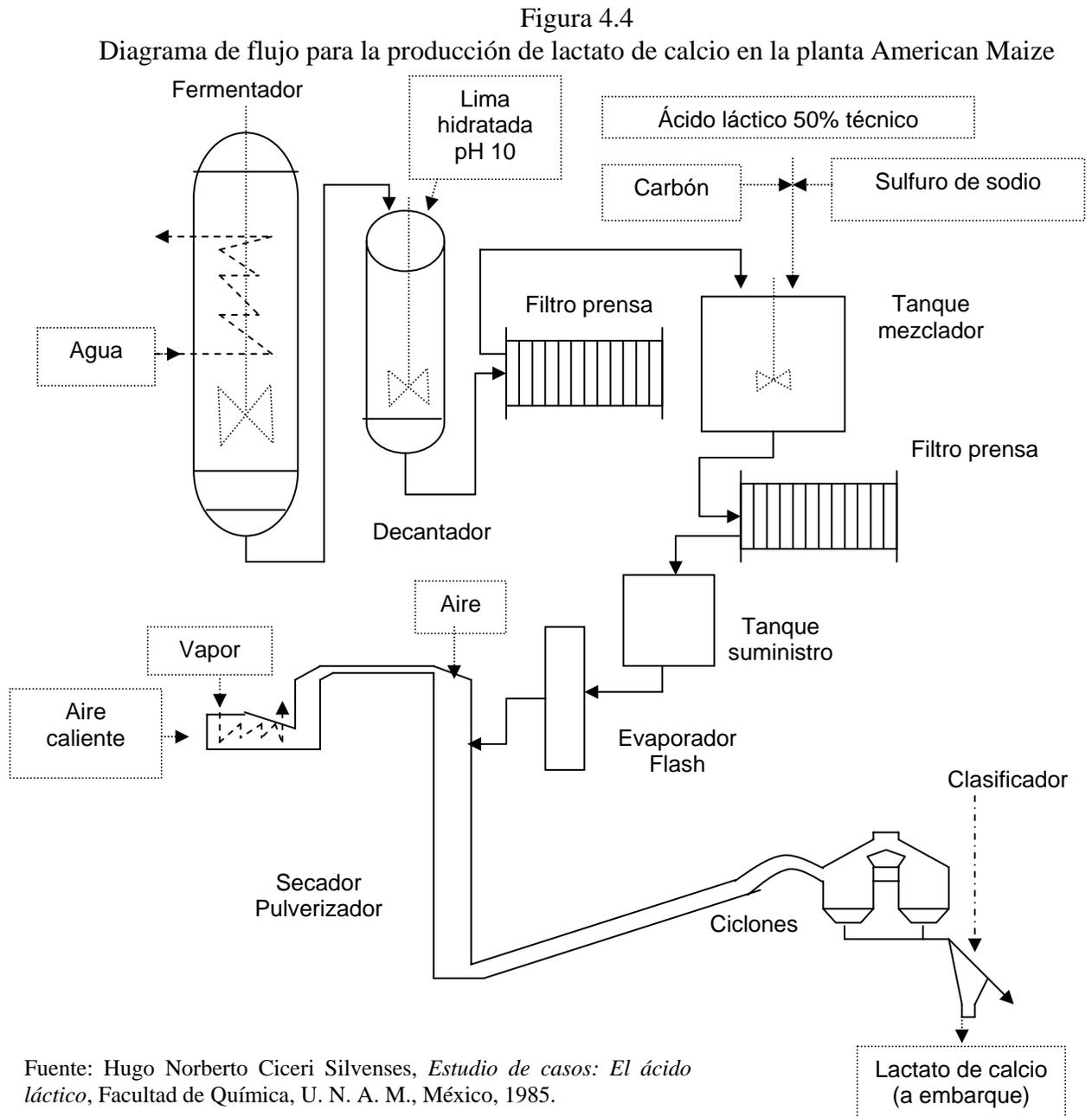
Para obtener ácido láctico al 80% *grado comestible*, el ácido al 52% es recirculado del tercer filtro al tanque de suministro del evaporador y concentrado en el evaporador al 82%, dándose tratamiento adicional por medio de un blanqueo con carbón activado y sulfuro de sodio para precipitar metales pesados y ajustar al 80% deseado. El ácido láctico *grado técnico* es obtenido en igual forma, pero sólo se realizan tres blanqueos, obteniéndose en concentraciones de 44 y 80% en peso.

El lactato de calcio puede ser procesado como producto final. Como se muestra en la figura 4.4, el licor es decantado ó filtrado por medio de un filtro prensa; hacia un tanque de madera de 6700 galones, carbón para blanqueo y sulfuro de sodio para la precipitación de metales pesados, son adicionados en este tanque y el pH es ajustado a 6.2 por la adición de ácido láctico grado técnico al 52% en peso.

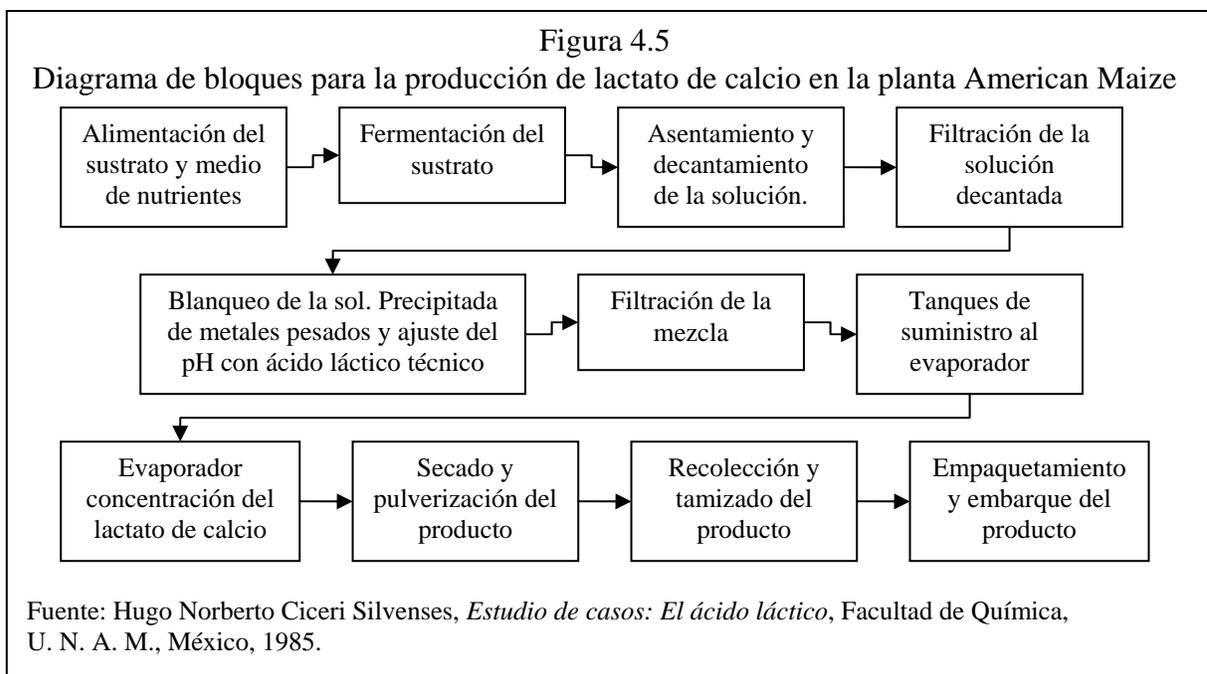
El licor tratado va hacia un filtro prensa, el filtrado es descargado en un tanque de acero inoxidable de 4000 galones y la torta se mantiene para utilizarla en el segundo tanque de blanqueo para obtener ácido láctico *grado comestible*. Del tanque de suministro el licor del lactato al 14% se bombea a un evaporador atmosférico de cobre con una superficie de transferencia de 31.5 ft². La proporción de evaporación es de 500 a 600 lb H₂O / hr. El licor se concentra al 30% y se bombea a un secador pulverizador, el aire de secado es calentado a 500



°F por medio de serpentines por los cuales circula vapor suministrado por un quemador de gas, el flujo en el secador es a contra corriente y la temperatura de descarga es de 180 °F.



El producto se colecta en dos ciclones conectados en paralelo y un tercero en serie conectado a los dos primeros. Los ciclones descargan a un clasificador y el producto final es empaquetado en bolsas. Lo anterior se puede simplificar con el diagrama de bloques de la figura 4.5.

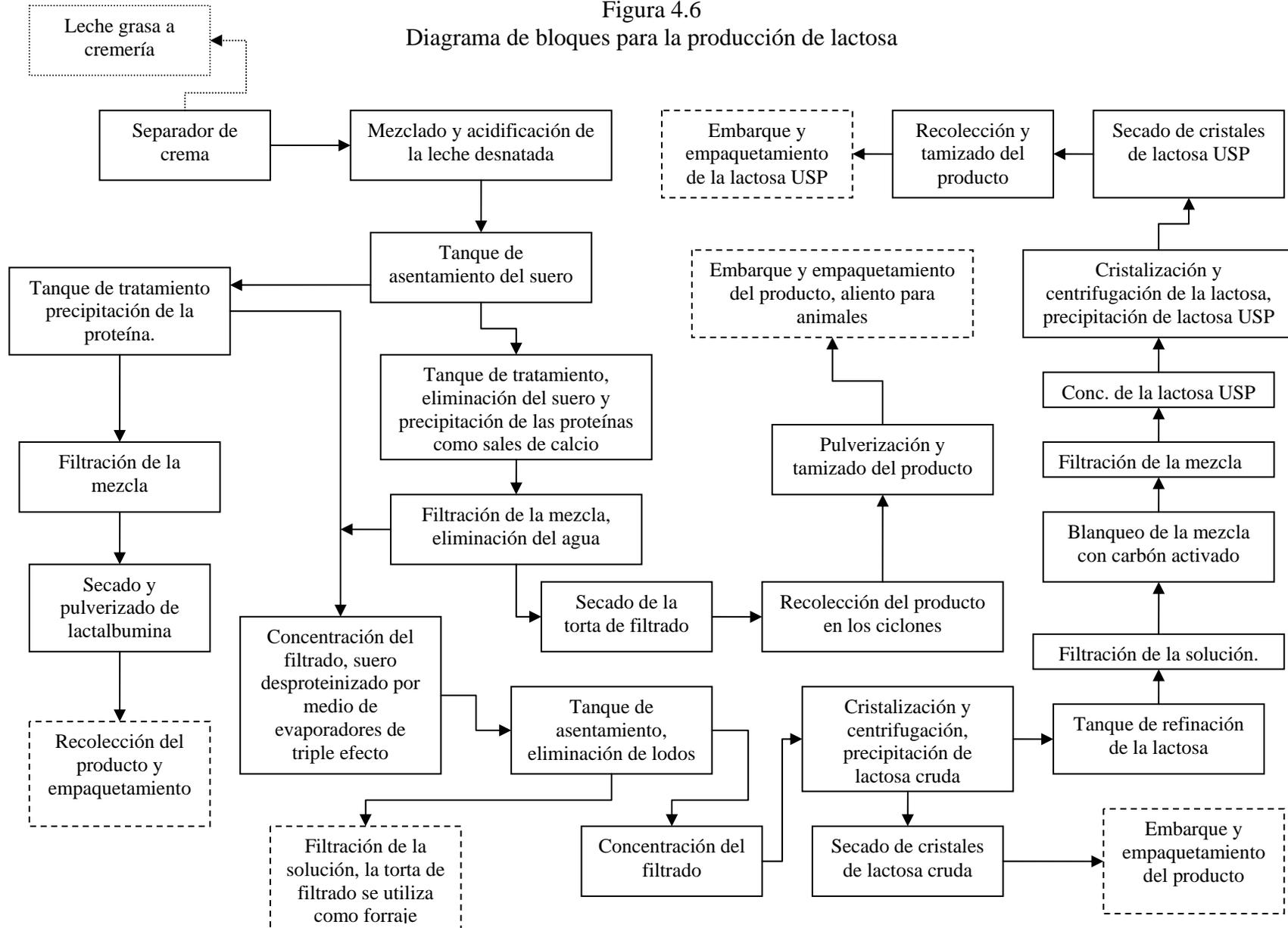


4.7.1. Sheffield Farms Co. produce caseína, lactosa cruda, lactosa U.S.P., lactalbumina y forrajes para animales

Sheffield emplea leche entera de vaca como materia prima. Ésta llega a la planta por medio de carros tanque de acero inoxidable o en envases, la leche se descarga directamente en los tanques de almacenamiento de acero inoxidable, es refrigerada y mantenida a una temperatura por abajo de 40 °F en concordancia con las regulaciones del Consejo de Salud. Generalmente la leche es separada inmediatamente, antes de entrar a los separadores de crema donde la leche es calentada a 90 °F, para aglomerar las partículas de mantequilla grasa y permitir que la separación sea más completa.



Figura 4.6
Diagrama de bloques para la producción de lactosa



Fuente Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.



Se utilizan cuatro separadores de tazón tipo disco para eliminar del 8 al 10% del volumen de la leche en forma de crema, la leche desnatada es bombeada directamente hacia el tanque de agitados que alimenta a la máquina de caseína, la leche contiene del 8.5 a 8.8% en peso de sólidos.

El proceso se representa por medio de un diagrama de bloques en la figura 4.6. Las condiciones en la máquina de caseína varían con el tipo de producto deseado; tanto la temperatura como la cantidad de ácido adicionado en esta parte del proceso tienen efectos sustanciales sobre la estructura del cuajado que será formado. El cuajado es mayor y más firme a altas temperaturas, incrementando la cantidad de ácido se obtiene un cuajado más granular e incrementa la solubilidad de las sales presentes. Entre más grande sea la goma de cuajado será más difícil de lavar y tiende a retener altas concentraciones de sales. Sin embargo, un cuajado más fino produce una excesiva cantidad de finos que deben ser eliminados del suero por medio del agua de lavado y por lo tanto para obtener un producto más puro, se utiliza baja temperatura y mucho ácido durante el proceso de lavado.

Conforme la leche desnatada entra a la máquina de caseína es calentada por medio de agua caliente que circula a través de un calentador múltiple y ácido apropiadamente diluido es adicionado para producir una caseína uniforme y de alta calidad. Posteriormente fluye hacia un tanque de nivel constante el cual está controlado por medio de un flotador accionado por una válvula de loza de piedra y dentro de una recámara de acidificación, esta válvula es ajustada manualmente. El cilindro que se localiza dentro de los baffles, asegura que toda la leche entre en contacto con el ácido de modo que la caseína formada es más consistente.



El cuajado es pasado a través de una caja con baffles transversales completándose la precipitación de la caseína; el cuajado fresco cae en la mampara con casi un 85% de agua y de aquí pasa al transportador que rompe el cuajado y drena el suero hacia la mampara. Cuando el cuajado alcanza la cima del transportador, contiene un 70% de agua y cae por el rompiente del cuajado que consiste de una hoja acanalada de 12 in.

En el rompiente el cuajado es lavado con agua caliente a una temperatura de casi 100 °F evitando así que el cuajado llegue a endurecerse; de aquí pasa a un segundo transportador que descarga el cuajado sobre los rodillos con un 65% de agua, al ser comprimido el cuajado se eliminan un 15% de humedad. El cuajado con un 50% de humedad está casi seco y puede ser transportado por medios mecánicos; el agua que drena por la mampara de los rodillos es colectada y drenada hacia un tamiz malla 30, para separar los finos de caseína a través de un asentamiento y ser transferidos posteriormente hacia la mampara inferior de la caja con baffles para mezclarse con la caseína seca, la cual es producto del molino de separación al ser introducidos ambos al secador.

La caseína proveniente del secador contiene una humedad del 10% aproximadamente y es colectada en un ciclón pasando a través de un molino de rodillos con la finalidad de reducir la caseína a un grano de 20 a 30% en tamaño. Una mampara bajo el molino elimina el material de mayor tamaño, el cual es recirculado hacia el molino o premezclado con los finos. Toda la caseína del molino de rodillos es empacada directamente y destinada hacia la sección de embarque.



El suero que sobre fluye en el tanque de asentamiento del suero contiene casi un 6.4% en peso de lactosa, proteínas y sales inorgánicas y este suero es bombeado hacia un tanque de tratamiento. El próximo paso en el procesamiento dependerá del tipo de proteínas que son deseadas. Si se desea obtener proteína pura a partir del suero, éste es llevado a evaporación por la introducción directa de vapor a 125 libras por pulgada cuadrada durante 20 ó 30 minutos para precipitar casi completamente la proteína presente en el suero. El precipitado contiene casi 2/3 partes del nitrógeno contenido en el suero; el nitrógeno que no llega a ser precipitado es combinado con compuestos no proteinados. El precipitado es conocido como lactalbumina coagulada y contiene un 80% de proteínas, 7% de cenizas y el resto como agua.

La mayor parte de las proteínas precipitadas, son recobradas en la forma de sales de calcio a través de la adición de lima hidratada en el tanque de suero hasta alcanzar un pH de 6.8, la adición de lima provoca que el contenido de nitrógeno descienda en casi un 75% del total contenido en el suero. El nitrógeno restante permanece en proteínas fragmentadas de bajo peso molecular tales como aminoácidos, urea y sales de amonio.

El lactalbuminato de calcio precipitado contiene casi un 35 ó 40% de proteínas y del 35 al 40% de cenizas; las cenizas están constituidas por la mayor parte de las sales inorgánicas presentes en la leche original, sin embargo, la mayor parte de estas sales poseen un valor dietético y por lo tanto este material es destinado para su uso en la manufactura de alimentos para animales.

Después de completar la precipitación de la lactalbumina, el lote es enfriado y asentado por 15 ó 20 minutos y el licor es decantado y bombeado hacia un filtro prensa. En dicho filtro se utiliza tierra de diatomáceas como un filtro auxiliar; el filtrado que consiste de licor de azúcar



claro, se bombea hacia la unidad recuperadora de lactosa. Si la torta de filtrado es proteína isoelectrica (lactalbumina), ésta es eliminada de los platos y secada hasta una concentración de 5% en peso de humedad por medio de un secador de túnel, el cual es mantenido a 165 °F y requiere de 12 a 14 horas de secado para obtener la concentración deseada. El producto seco es molido por medio de un molino de martillos utilizando un tamiz 0.038 y empacado inmediatamente para su venta o ser enviado hacia una planta hidrolizadora.

Cuando el lactalbuminato de calcio es obtenido, la torta de filtrado se alimenta a un transportador con tornillo mezclador para ser concentrada por medio del agotamiento de las aguas madres y aguas de lavado que provienen del cristalizador de azúcar, las cuales contienen un 60 a 65% de sólidos y la concentración se lleva a cabo en un evaporador de efecto simple al vacío suministrado por un eyector; tanto el evaporador como el eyector son de acero inoxidable.

El filtrado al salir del filtro prensa es bombeado hacia un secador rotatorio y es mezclado con una proporción de 5 a 6 veces el peso del producto recirculado y el aire del secador es calentado por contacto directo con la flama del serpentín de calentamiento. El cilindro del secador está acoplado adecuadamente con la elevación de los baffles, de modo que, el pulverizador es repetidamente calentado por medio de los gases calientes que entran a 100 °F y salen a casi 200 °F.

El producto secado contiene casi 25% en peso de lactosa, 33 % de sales proteínicas, 30% de cenizas, 5% de humedad y un 4% de inertes. El producto seco es tamizado a través de un molino de martillos con un tamiz de 0.038" y un clasificador separa la mezcla de azúcar-sales-



proteína en granos gruesos y regulares para posteriormente ser empaquetados. El filtrado (suero desproteinizado) que proviene del filtro prensa de la sección de lactalbumina, y del filtro prensa de la sección de lactalbuminato de calcio es concentrado al 40% en peso de sólidos por medio de evaporador de triple efecto de acero inoxidable, el jarabe crudo de los evaporadores es bombeado hacia un tanque de asentamiento, permanece aproximadamente 12 hr. y calentado por inyección directa de vapor, para ser posteriormente filtrado por medio de un filtro prensa que emplea un recubrimiento de resina y tierra diatomáceas.

El filtrado es concentrado a casi un 60% de sólidos por medio de un evaporador de efecto simple de acero inoxidable. El jarabe resultante es bombeado hacia un cristizador enchaquetado disminuyendo la temperatura hasta 30 °F provocando la precipitación de la lactosa en forma de cristales pequeños; al término de la cristalización tanto el jarabe como los cristales son pasados a una centrífuga para reducir la humedad a 10% aproximadamente, los cristales son lavados continuamente con agua caliente hasta que el agua de lavado sale clara.

Las aguas madres de la primera cristalización son recirculadas hacia el evaporador de efecto simple elevando la concentración de sólidos al 65% y ser retornados al cristizador. Durante esta segunda cristalización la concentración de sólidos es de 24% pero sólo un 7% es lactosa; menos de 1/4 parte de la lactosa cruda es obtenida durante esta segunda cristalización. Los cristales tienen un mayor contenido de cenizas y proteínas por lo que no son apropiados para uso comercial, son de color oscuro y pegajosos por lo cual son difíciles de secar empleando equipo convencional. Estos cristales son recirculados hacia el tanque de asentamientos durante estas dos cristalizaciones y casi el 65% del total de lactosa presente es recuperada. Los cristales de la primera cristalización son secados directamente para producir lactosa cruda, los cristales



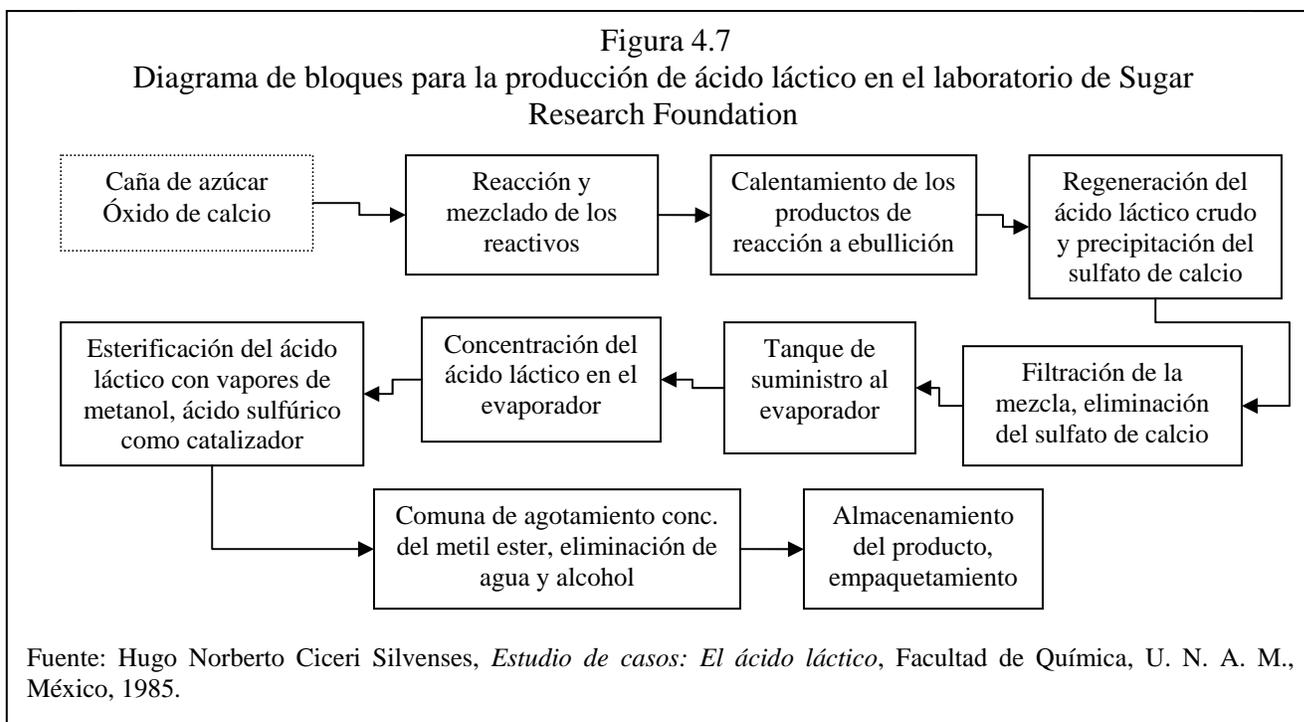
húmedos que provienen de la centrifuga pasan directamente hacia un secador rotatorio y al salir de éste son transportados hacia una tolva la cual opera como dispositivo de embolsado.

Si se desea obtener lactosa de alta pureza los cristales de lactosa cruda son redisueltos y se les da un tratamiento de bloqueo con carbón activado y posteriormente repetir las etapas de asentamiento, filtración, evaporación, cristalización, centrifugación y secado de los cristales en igual forma a la realizada para obtener los cristales de lactosa cruda. La lactosa refinada por este procedimiento es de calidad U.S.P. con una pureza de 99% en peso y esta lactosa se emplea para la preparación de drogas y alimentos.

4.7.2. Sugar Research Poundation produce ácido láctico a partir de melaza o caña de azúcar cruda

La caña de azúcar es mezclada con óxido de calcio e hidróxido de calcio y son calentados bajo presión; los reactivos son agitados por medio de una bomba de balanceo en proporción de 58 veces por minuto. La bomba es calentada eléctricamente y la temperatura es controlada y regulada automáticamente, la proporción de calentamiento fue de 4°C por minuto y el tiempo de reacción fue tomado en el punto en que la temperatura de reacción fue alcanzada.

Los productos de reacción al ser eliminados de la bomba son calentados a ebullición y ácido sulfúrico apropiadamente diluido se adiciona hasta que el pH de la solución es de 2.0 a 2.2. Debido al carbonato de calcio formado durante la reacción, la precipitación del sulfato de calcio va acompañada por un gran desprendimiento de dióxido de carbono. El sulfato de calcio es filtrado y el filtrado es lavado con agua caliente; los filtrados combinados constituyen el ácido láctico crudo, así llamado por ser el ácido láctico el principal componente de la solución.



Para aislar y purificar el ácido láctico, la solución es concentrada por medio de un evaporador de efecto simple al vacío a una presión de 6 a 12 mm. de Hg. eliminando de esta forma el agua y materiales volátiles. El residuo no volátil se trata con vapor de etanol a contracorriente a una temperatura de 85 ó 95 °F en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. Los ésteres metílicos así formados son volatilizados en la corriente del vapor de metanol y la mezcla de alcohol, agua y ésteres son bombeados hacia una columna de agotamiento. Aquí la mayor proporción de alcohol es separada y recirculada.

Durante la esterificación, los ésteres metílicos son colectados en la base de la columna de agotamiento. Los ésteres son incoloros hasta el final de la reacción, posteriormente toman un ligero color café. Son utilizados en la preparación de plasticidas en resinas vinílicas, lo anterior se muestra en el diagrama de bloques de la figura 4.7.



4.7.3. Monsanto Co. produce ácido láctico a partir del lactonitrilo

No se dispone de información sobre este proceso de manufactura de ácido láctico.

4.8. Aspectos técnicos

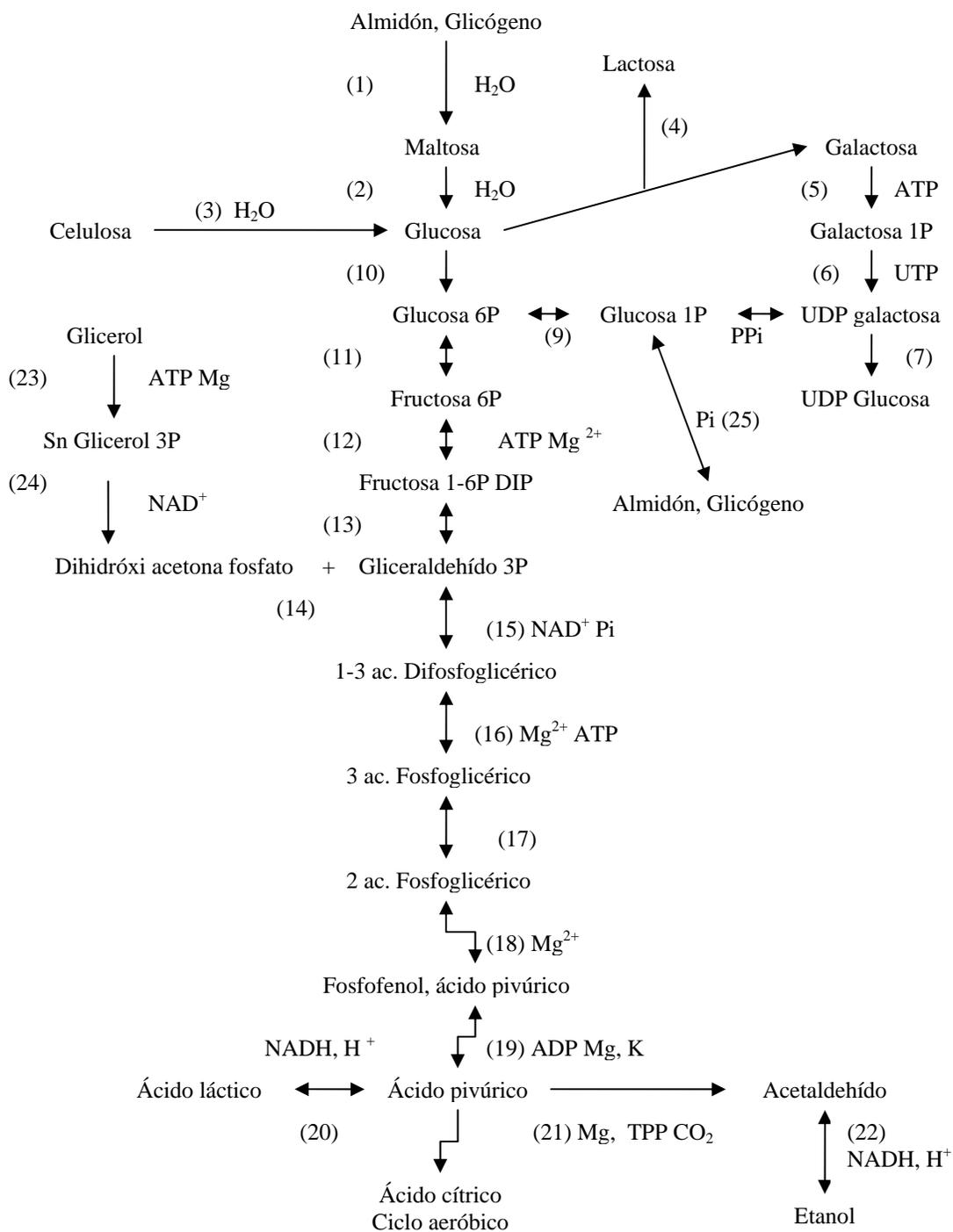
4.8.1. Cambios bioquímicos que ocurren durante la fermentación de alimentos con alto contenido de proteína

Los procesos desarrollados para la fermentación de alimentos presentan ciertas desventajas, tales como, extensión del tiempo requerido en algunos procesos, el gasto adicional de procesamiento, riesgo de contaminación con toxinas, producción de microorganismos y pérdida de peso. Los procesos de fermentación no están diseñados para aumentar el peso del alimento por lo que generalmente se presenta una pérdida de 5-10% del peso original para satisfacer las necesidades de energía de los microorganismos y en la manufactura de algunos productos fermentados, una parte sustancial insoluble queda al final del proceso y es utilizada como forraje.

Algunas de las ventajas por las cuales fueron desarrollados los procesos de fermentación son: preservación de alimentos, mejora del sabor, textura, color, aroma, solubilidad y digestibilidad de los alimentos, así como para eliminar sustancias y mejorar su contenido nutricional sin duda, la mejor razón para desarrollar los procesos de fermentación era la de preservación de los alimentos tales como pescado y quesos, así como mejorar el sabor, aroma, color, la textura de materiales vegetales tales como lo son las semillas.



Figura 4.8
Conversión de almidón y celulosa a ácido láctico



Fuente: Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.



Durante el cuajado de los quesos los principales cambios químicos ocurren en los carbohidratos, proteínas y lípidos de la leche. Estos cambios son efectuados por las carbohidrasas, proteáceas y lipasas proporcionadas por los dos microorganismos presentes en la leche. La lactosa es el principal carbohidrato de la leche y la caseína cuajada es fácilmente convertida a ácido láctico en 24 hrs. La glicólisis de la lactosa requiere de numerosos pasos enzimáticos, los cuales son detallados en la figura 4.8. La formación del ácido láctico es esencial para dar un sabor propio y maduro que le dan buena calidad al queso.

Conversión de almidón, lactosa y celulosa a ácido láctico bajo condiciones aeróbicas. Las enzimas implicadas de la figura 4.8 se muestran a continuación.

- (1) Amilasas
- (2) Maltosa
- (3) Celulasas
- (4) Galactosidasa
- (5) Galactokinasa
- (6) UDP - galactosa pirofosforilasa
- (7) UDP - glucosa epimerasa
- (8) UDP - pirofosforilasa
- (9) Fosfoglucomutasa
- (10) Hexokinasa
- (11) Fosfoglucoisomerasa
- (12) Fosfofructokinasa
- (13) Aldolasa
- (14) Triosa fosfata isomerasa
- (15) Gliceraldehido – 3 - fosfato dehidrogenasa
- (16) Fosfogliceril kinasa
- (17) Fosfogliceril mutasa
- (18) Enolasa
- (19) Kinasa pivúrica
- (20) Lactato - dehidrogenasa
- (21) Pivúrico decarboxilasa (levadura)
- (22) Alcohol dehidrogenasa
- (23) Glicerol kinasa
- (24) Gliceril fosfato
- (25) Fosforilasa (animales y plantas)



4.8.2. Reactores y sistemas de fermentación

Más de la mitad de la capacidad mundial estimada de la producción de ácido láctico, es producida por medio de los procesos de fermentación. Por tal motivo se considera importante hacer un análisis de los diversos tipos de reactores empleados en los procesos de fermentación, puesto que en estos recae la parte más importante y fundamental, ya que en estos se realiza la conversión de los carbohidratos en ácido láctico.

La mayor parte de los reactores de fermentación utilizados hoy día, son los reactores de tanque agitado; las aplicaciones de otros diseños son escasas. Tal vez, el principal motivo por el cual los reactores de tanque agitado son más utilizados se deba, a que en éste tipo de reactores se puede trabajar con una gran variedad de condiciones de operación (operación continua) tal como la variación de la viscosidad, la velocidad de aereación, la intensidad de agitador y el volumen de fermentación.

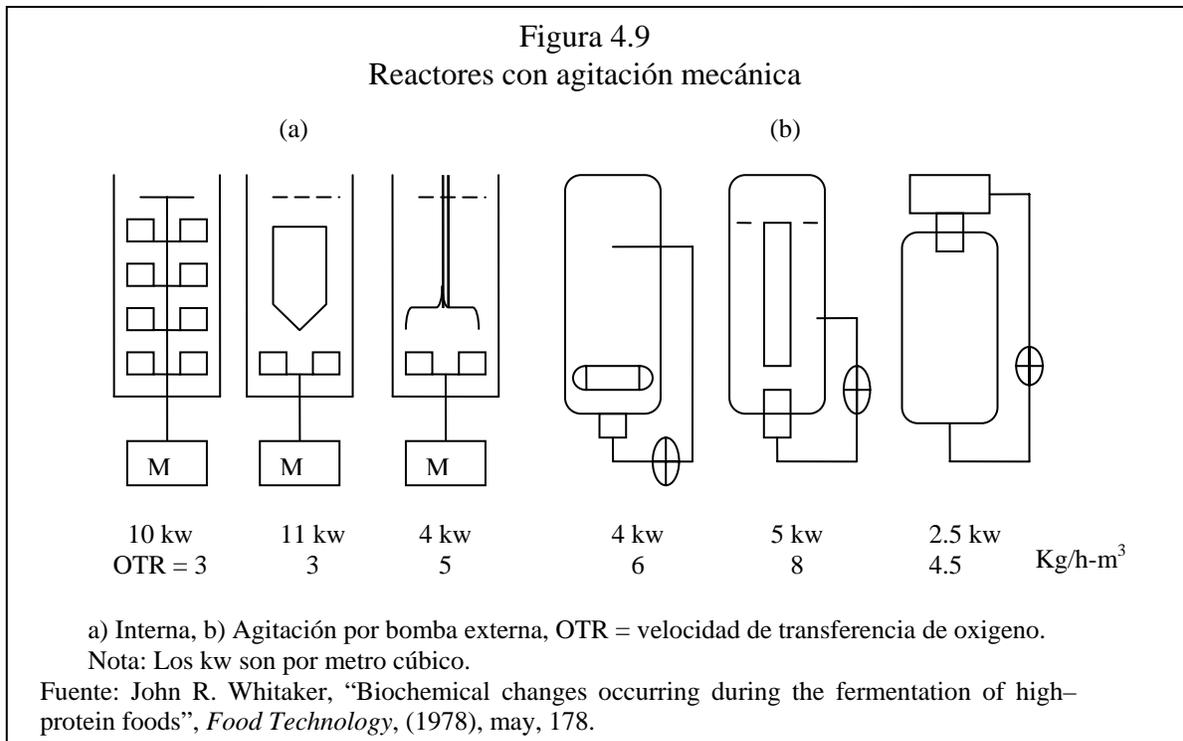
En la tabla 4.10, se muestra los principales sistemas de reactores con accionadores mecánicos internos clasificados de acuerdo al método de agitación y al sistema ó fase prevaleciente.

Tabla 4.10 Sistemas de fermentación			
Fase continua	Características	Ejemplo	Empresa
Caldo de cultivo	Agitado por agitadores	Fermentador Antibiótico	Hoechst
	Circuito forzado o puente aéreo	Fermentador de ciclo presurizado	ICI
	Circuito forzado	Reactor de circuito líquido	HUG
Gas	Agitado	Fermentador tipo rueda con paletas	Uhde.
	Boquillas fijas	Filtro rociador	Hoe

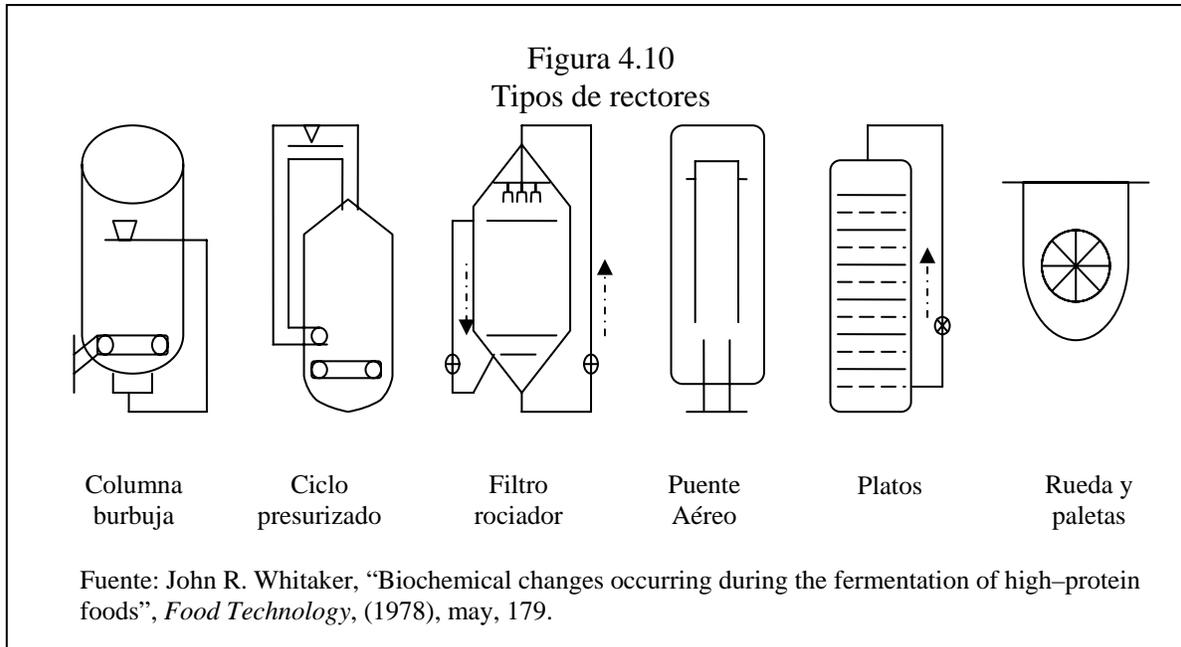
Fuente: John R. Whitaker, "Biochemical changes occurring during the fermentation of high-protein foods", *Food Technology*, (1978), may, 177.



En la figura 4.9, se bosquejan sistemas de reactores con accionadores mecánicos internos, y con agitación suministrada por medio de bombas externas; los valores mostrados en la figura dan la máxima energía de entrada para la compresión del gas y accionamiento mecánico así como la máxima velocidad de transferencia de oxígeno lograda en caldos de baja viscosidad.



La figura 4.10, muestra reactores tipo burbuja, columna, circuito puente-aéreo, agitados sólo por gas presurizado, filtro rociador y reactor tipo rueda de paletas, los cuales producen dispersión violenta de forma que la fase continua es la gaseosa.



La tabla 4.11, muestra los sistemas o tipos de reactores utilizados en la manufactura de diversos productos químicos que tratan con reactores gas-líquido, del tipo de tanque agitado los cuales dominan actualmente en los sistemas de fermentación.

Tabla 4.11
Sistemas de reactores para diversos productos de fermentación

Columna burbuja	Puente aéreo	Sistemas Superficie	Tanque agitado	Circuito agitado	Auto cebado
Ácido cítrico	Levadura SCP	Ácido acético		Levadura SCP	Ácido acético
Ácido acético	Bacteria SCP	Ácido cítrico	Ácido ascórbico	Etanol	Levadura
Ácido láctico	Eliminación de agua		Proteína		
Esteroides		Levadura	Antibióticos		Levadura SCP
Enzimas		Fungi	Enzimas		

Fuente: John R. Whitaker, "Biochemical changes occurring during the fermentation of high-protein foods", *Food Technology*, (1978), may, 178.

Consideraciones de diseño:

La mayor parte de los recipientes están equipados con agitadores ajustables, de modo que las características del reactor puedan ser modificadas de acuerdo a la demanda, se utilizan cuatro baffles para evitar el arremolinamiento del líquido. La relación H/D (altura/diámetro) oscila entre 2 y 4, aunque en los principios de los procesos de fermentación se utilizaba una relación



H/D de 3. Los recipientes son fabricados sin flancos en las partes cilíndricas con la finalidad de reducir los riesgos de contaminación, contando además con una entrada suficientemente grande para permitir la introducción e instalación del sistema de agitación.

Una limitante en los reactores de tanque agitado, se encuentra en los requerimientos de enfriamiento. El rango de temperatura oscila entre 25 y 45°F, por lo que es obvio que H₂O de enfriamiento ordinaria es inadecuada y por lo tanto se deberá utilizar un sistema de refrigeración. Generalmente se prefieren sistemas de enfriamiento externos, ya que las *desventajas de los serpentines internos son*: ocupan un espacio valioso de producción, provocan que la acción de mezclado no sea uniforme por parte del agitador y además crean problemas adicionales durante la operación de limpieza del interior del fermentador.

Antiguamente los serpentines eran fabricados de acero al carbón y los recipientes de acero inoxidable. Esto provocaba que los serpentines sufrieran corrosión por lo cual el agua de enfriamiento se contaminaba, la cual a su vez provocaba contaminación en el sistema de enfriamiento. Actualmente se utiliza acero inoxidable para la fabricación de todas las partes del reactor; la finalidad de enchaquetar los reactores es dar mayor rigidez a las paredes del recipiente.

Accionamiento del agitador:

De los mecanismos de agitación utilizados actualmente, se encuentran disponibles varias alternativas de accionadores que son:



- ♦ Controlador-Thyristor, motor de tres fases. Ventajas: únicamente operación eléctrica, fácil de usar, eficiencia mayor al 95%. Desventajas: la torca falla con la velocidad, el motor puede atascarse conforme la resistencia aumente.
- ♦ Convertidor de torca hidrostática. Ventajas: la torca aumenta conforme la velocidad es reducida, eficiencia mayor al 93%, la máquina es muy pequeña y puede ser usado un motor pequeño. Desventaja: operación ruidosa.
- ♦ Convertidor de torca hidrodinámica. Ventajas: diseño simple y firme, la torca aumenta cuando la velocidad es reducida. Desventajas: La velocidad rotacional no es constante, la eficiencia depende de esta velocidad y disminuye a casi el 93% de la velocidad nominal.
- ♦ Clutch hidrodinámico. Ventajas: la torca es constante con la velocidad, el diseño es simple. Desventajas: la eficiencia disminuye con la velocidad rotacional, es necesario el enfriamiento del lubricante.
- ♦ Motor tres fases, poleas conmutables, con 2 ó 3 velocidades rotacionales asíncronas. Ventajas: bajo costo de capital, ligera elevación de la torca a baja velocidad. Desventajas: control no continuo, la velocidad rotacional sólo puede ser ajustada por la zona de poleas ó cambiando las espuelas de las ruedas.

Sí el mercado para un cierto producto obtenido por fermentación es lo bastante bueno para asegurar que una unidad será completamente utilizada, puede ser ventajoso invertir en un motor tres fases con poleas conmutables por ser la alternativa barata. Actualmente hay una tendencia a aumentar la salida del motor (potencia) a un nivel considerablemente mayor al que fue diseñado, ya que los requerimientos de baja potencia para el cultivo provocan una ligera pérdida en la eficiencia.

Hasta ahora la experiencia ha mostrado, que cuando el cultivo ha mejorado, las reservas de potencia han sido completamente usadas en cada caso. Con el tremendo incremento en los costos de energía, esta clase de filosofía será reconsiderada. Algunos productores están cambiando su medio nutriente por caldos de baja viscosidad, reduciendo por lo tanto sus requerimientos de potencia.

Sellos rotatorios: Los sellos de árbol son utilizados para mantener condiciones asépticas; se emplean sellos mecánicos de doble acción con sello líquido estéril, sin embargo son muy



costosos cuando el diámetro de las flechas es mayor a 200 mm. para recipientes muy grandes, por ser sensitivas a sacudidas y vibraciones.

El domo del fermentador puede ser utilizado para efectuar la adición de nutrientes, en la inoculación del puerto y para inspección del cristal. El techo debe mantenerse libre para facilitar la eliminación cuando el caldo es cosechado; la flecha puede mantenerse corta ya que no es necesario tener un considerable espacio para el gas; se prefiere un accionador en el fondo para agitadores tipo propela teniendo flechas cortas, así como para fermentadores con capacidad superior a 3000 litros.

En la base del recipiente se pueden disponer cojinetes montados sobre una pestaña del bloque y pueden ser automáticamente enjuagados cuando el caldo del cultivo es cosechado, facilitando que el caldo pase a enfriamiento y el cojinete sea lubricado.

Agitadores:

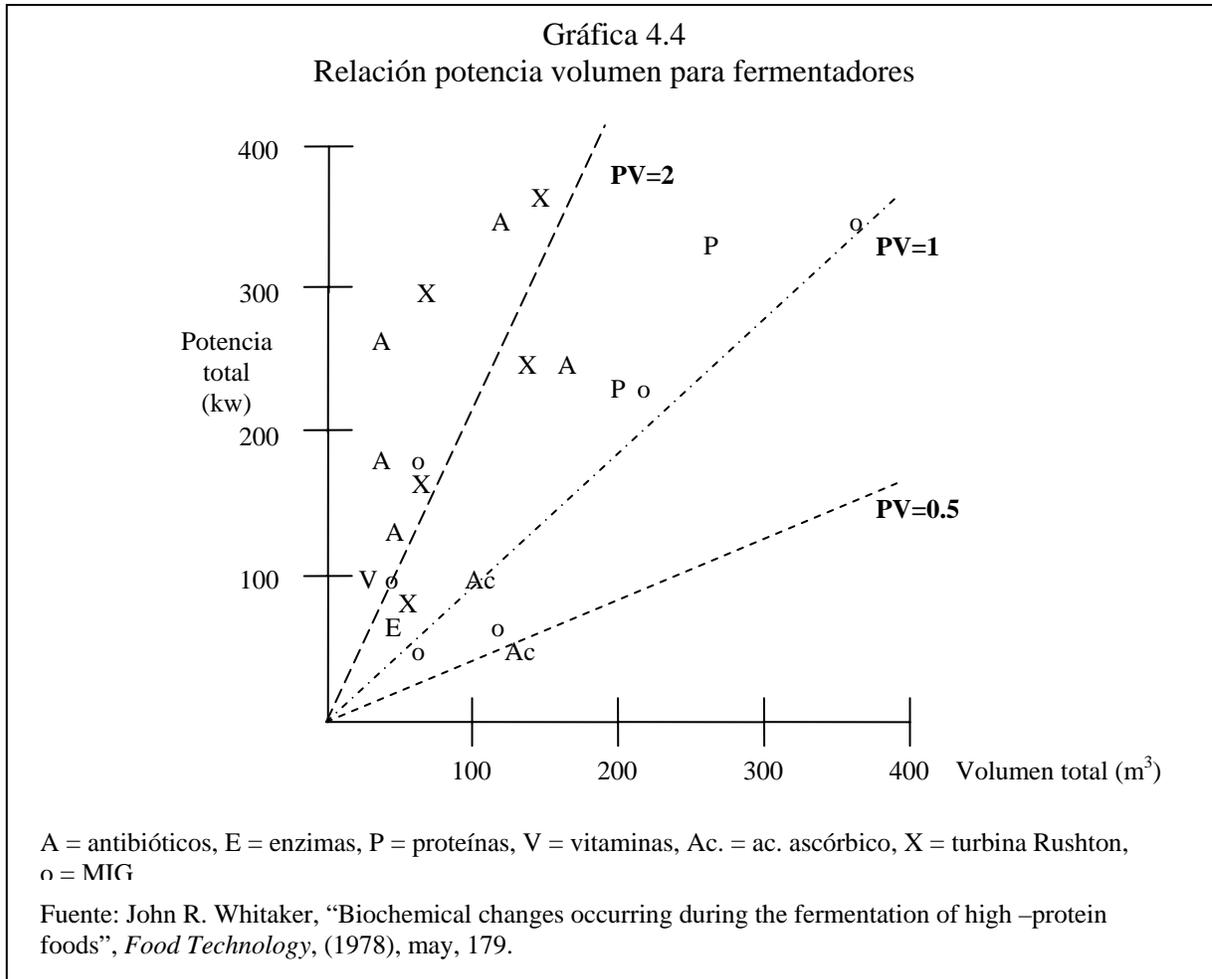
Generalmente se utilizan agitadores engranados sobre la flecha, montándose de 3 a 5 para obtener un buen mezclado y realizar la dispersión por toda la altura del fermentador. Los tipos de agitadores son:

- ❖ Una modificación de la turbina Rushton con hojas curvas
- ❖ Un agitador tipo propela para obtener una dirección de flujo más definido
- ❖ Un agitador a contracorriente multi-impacto (MIG)
- ❖ Sistema de autocebado

El sistema MIG puede trabajar con o sin deflectores, este sistema fue desarrollado para crear turbulencia violenta en el caldo del cultivo, indicado por la dirección en las que las hojas son



colocadas. El MIG con su gran diámetro provoca vibraciones, da una ejecución más suave y establece un patrón de flujo más definido.



Requerimientos de potencia:

Los datos trazados en la gráfica 4.4 son potencia de entrada vs. volumen total. Una relación de potencia-volumen de 2.5 parece ser la máxima consumida, pero recordaremos que el agitador MIG está diseñado para consumir menor potencia para obtener la demanda de transferencia de oxígeno. Volúmenes de 150 m³, parecen ser los mayores volúmenes utilizados para la producción de metabolitos secundarios.



Otros sistemas de fermentación:

La crisis energética ha dado nueva importancia a las fermentaciones de tipo superficial por requerir bajos consumos de potencia (energía). Durante la última década, el costo de energía ha fijado el incremento en una proporción de 3 a 4 veces el costo del equipo. Una vez que la planta a sido instalada, los costos de capital están fijos, mientras que los costos por corrida se elevan por lo que si ésta tendencia no es superada debemos economizar energía a costa de utilizar un sistema de reactores más costoso.

En resumen, los reactores de tanque agitado son los más utilizados en los procesos de fermentación. La tendencia hacia instalaciones voluminosas y de altos requerimientos de potencia ha sido frenada; otros tipos de reactores están ganando terreno en la producción de proteínas y en el tratamiento de aguas. Tienden a renacer los sistemas de fermentación en estado sólido probablemente debido a su baja demanda de energía.

4.9. Selección de tecnología mediante la metodología (análisis de alternativas)

Como se menciona desde el principio del presente trabajo el objetivo de este era en hacer una selección de tecnologías y comparar la metodología con una selección ya hecha, por lo que primero se seleccionarán las tecnologías a estudiar, luego la selección que se realizó anteriormente, para pasar a la selección de la metodología presentada y una comparación de resultados.

Los procesos seleccionados para producir ácido láctico son:



- Proceso de American Maize Products Co., para obtención de ácido láctico (técnico y comestible) y de lactato de calcio
- Proceso de Sheffield Farms Co., para obtención de lactosa (cruda y USP), caseína y otros derivados
- Proceso de Sugar Research Foundation and Eastern Regional Research Laboratory, para obtención de ácido láctico y metil lactato

A continuación se detallan las ventajas y desventajas de los procesos seleccionados.

El proceso de American Maize

Ventajas:

- ❖ Flexibilidad en materias primas, en general cualquier material con alto contenido de carbohidratos (dextrosa).
- ❖ Se obtiene un alto rendimiento, 85% de la hexosa fermentable. Se produce ácido láctico en tres grados diferentes, ácido láctico grado técnico al 44% y 80%; ácido láctico grado alimenticio al 50 y 80%; ácido láctico grado sintético al 50 y 80%.
- ❖ La temperatura de operación (120 °F) está por encima de la temperatura óptima de fermentación para la mayoría de las bacterias ó levaduras que suelen aparecer como contaminantes.
- ❖ La planta puede operar las 24 horas al día durante 7 días a la semana, con factor de operación de 92% (340 días al año).
- ❖ El estado final del producto es forma líquida, simplificando los problemas de aplicación en la industria alimenticia, farmacéutica y en general en la mayor parte de las industrias.
- ❖ La adición de carbonato de calcio neutraliza el pH ácido del medio, evitando así que la acción bacterial sea inhibida.

Desventajas:

- El tiempo para que se lleve a efecto la fermentación es elevado de 4 a 6 días, por lo cual la producción es limitada.
- La solubilidad del lactato de calcio a la temperatura de fermentación es del 12 al 15%, y esto por supuesto limita la concentración final obtenible.
- Este proceso de fermentación no es factible de operar con menos de 3 turnos por día.
- El cultivo inicial de la bacteria deber ser proporcionado por algún organismo ó departamento de agricultura o laboratorios clínicos privados que trabajen este tipo de bacteria.
- Se presentan problemas de corrosión.
- La adición de nutrientes aumenta el ya de por si elevado contenido de sólidos en la solución del ácido láctico crudo.
- La solución de ácido láctico crudo contiene metales pesados como impurezas (hierro) que deberán ser eliminados en forma de sulfuros, por lo que el contenido de sólidos se eleva.



El proceso de Sheffield Farms Co

Ventajas:

- ❖ Se obtiene una alta producción de lactosa, 40 millones de libras anuales.
- ❖ A partir de la materia prima (leche entera de vaca) utilizada en el proceso, se obtienen importantes cantidades de otros subproductos tales como caseína (20 millones de libras anuales) y 154 millones de libras de proteínas pulverizadas de suero.
- ❖ La grasa contenida en la leche, es fácilmente separada por calentamiento y agitación al romper la emulsión obteniéndose como subproducto.
- ❖ La planta opera 24 horas al día durante 7 días a la semana, con un factor de operación de 92% (340 días al año).
- ❖ La temperatura de operación es de 110 °F, por lo que es factible utilizar agua para realizar el calentamiento.
- ❖ El estado final del producto es en forma sólida facilitando la operación de empaquetamiento y embarque.
- ❖ El producto se obtiene con una alta pureza (99.9%).

Desventajas:

- Para obtener un producto casi puro, se utiliza mucho ácido y bajas temperatura por lo que los problemas de corrosión aumentan.
- Este proceso no es factible de operarse con menos de 3 turnos por día.
- El suministro de materia prima es muy irregular, ya que su composición varía con las estaciones del año, con la alimentación de la vaca y de vaca a vaca y el volumen producido de leche.
- Se tienen altos costos de energía para llevar a cabo la concentración de las soluciones.
- Requiere filtros auxiliares para obtener la concentración (pureza) deseada y un tiempo de asentamiento de los cristales de 12 horas por lo que la operación no es del toda continua.

El proceso de Sugar Research Foundation

Ventajas:

- ❖ El tiempo de reacción es bajo (30 minutos), por lo que la operación es continua.
- ❖ No requiere el uso de bacterias y por lo tanto el uso del medio nutriente y la concentración de sólidos es baja.
- ❖ La planta opera las 24 horas del día durante 7 días a la semana durante 340 días al año.
- ❖ Flexibilidad en materias primas pues se puede utilizar remolacha, caña de azúcar y melaza.
- ❖ Se obtiene un alto rendimiento, 95% de la hexosa fermentable.



Desventajas:

- El pH ácido de la solución (2 a 2.2) provoca problemas de corrosión.
- Debido a la formación del carbonato de calcio durante la reacción, la precipitación del sulfato de calcio se ve acompañada por un gran desprendimiento de dióxido de carbono presentándose problemas de contaminación.
- La reacción se lleva a cabo a bajas presiones, por lo que el costo del control de proceso se ve incrementado.

Tabla 4.12
Tabla comparativa de los procesos relacionados para el análisis y la selección de la alternativa más factible según Hugo Ciceri

Variable	Procesos desarrollado por:		
	American Maize	Sheffield Farms	Sugar Research
Materia prima	Azúcar de maíz, dextrosa, caña de azúcar.	Leche entera de vaca	Caña de azúcar remolacha, melaza
Productos	Ácido láctico grado: técnico, alimenticio, lactato de calcio.	Ácido láctico, caseína lactalbumina, albuminado de calcio, lactosa cruda, lactosa USP, forraje.	Ácido láctico: técnico, alimenticio, metil lactato.
Tiempo de reacción	4 a 6 días	N. D.	30 Minutos.
Temperatura de reacción	120 °F	110-112 °F	228-241 °F
No de equipos	30	44	N. D.
Rendimiento	85-90%	70-80%	90%
Tipo de bacteria	Lactobacillus delbruckii	Lactobacillus Bulgaricus	No emplea.
Tipo de reactor	Tanque agitado enchaquetado	Tanque agitado enchaquetado	Reactor tubular continuo.
Volumen procesado	24,000 galones.	45,000 galones.	100,000 galones.
Catalizador ácido	Ácido sulfúrico.	Ácido clorhídrico	Ácido sulfúrico
Producción anual de ácido láctico en lb.	1,920,000	40,000,000	5,000,000
Factor de operación	92%, 340 días al año, 7 días a la semana, 24 Hr/día	92%, 340 días al año, 7 días a la semana, 24 Hr/día	92%, 340 días al año, 7 días a la semana, 24 Hr/día
Impurezas	Ac, sulfúrico, metales pesados proteínas, sales de calcio.	Proteínas, cenizas, fosfato de calcio	Cloruros, otros ácidos.
Envases	Barriles de roble blanco, carro tanque, garrafones de vidrio recubiertos de goma.	Bolsas de papel-plástico, Cartón.	Barriles y carro tanque.
Método de purificación.	Filtración y blanqueado por carbón activado.	Filtración y cristalización.	Evaporación, filtración, esterificación
Proceso seleccionado.	X		

N. D. = No se describe.
Fuente: Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.

La tabla 4.12, se presentan las características más importantes de los procesos seleccionados, facilitando el análisis y la comparación de las ventajas y desventajas de los procesos



seleccionados. En este análisis se permitió realizar la selección del proceso más factible (técnicamente y económicamente) para la producción de ácido láctico y además presenta la selección del autor.

4.10. Aplicación de la metodología propuesta

Una vez recabada toda la información posible sobre el ácido láctico y sus tecnologías procederemos a hacer la paliación de la metodología.

De acuerdo con la metodología y la figura 3.7 se tienen los pasos a seguir dentro de la metodología propuesta como se puede ver en la tabla 4.13.

Tabla 4.13 Pasos a seguir dentro de la metodología		
Nº	Paso a seguir	Descripción o avance
1	Detección de la necesidad de tecnología o proyecto	Realización de un proyecto de carácter prioritario en la industria química, que tenga un espectro de utilización amplio.
2	Definición de la tecnología	Tecnología para producir ácido láctico.
3	Obtención de toda la información posible	Búsqueda de toda la información necesaria y posible del ácido láctico.
4	Análisis de toda la información posible	Análisis de toda la información relacionada con el ácido láctico.
5	Selección de toda la información previa	Se selecciono toda información de que se disponía y sólo se capturó la necesaria.
6	Selección de los aspectos a ser tomados en cuenta	Tabla 4.14., en este punto se seleccionaron los aspectos a ser tomados en cuenta, para la evaluación y posterior selección del proceso, de acuerdo con la información disponible.
7	Selección de filtros	Punto 6 de la metodología, para este caso se tomaron en cuenta de acuerdo a la información disponible, tabla 4.15
8	Contacto con proveedores de tecnología	No. - Por lo que se salta la parte de proveedores de tecnología.
9	Selección del método a ser utilizado	Se puede escoger de entre el método de evaluación económica-financiera o la evaluación matricial, en este caso se optó por la evaluación matricial.
10	Selección del método de la evaluación matricial	Hay diversos métodos a utilizar que fueron presentados en el capítulo 2, en este caso se escogió el propuesto por Landis y Hamilton, (punto 2.3.3.3)
11	Asignar peso o ponderación	En donde: $100 = \sum P_i$, punto 13 de la metodología propuesta, tabla 4.17.
12	Selección de subaspectos y factores	En este caso sólo serán tomadas las categorías como aspectos, para obtener algo más concreto y de fácil descripción a la hora de evaluar, además de que resulta más ilustrativo tabla 4.15



13	Asignar peso o ponderación a los aspectos y subaspectos	A los aspectos seleccionados se les asignó la ponderación que llevarán en la evaluación, punto 15 de la metodología, tabla 4.17.
14	Establecer escala de calificaciones	En este paso se establecieron las calificaciones que se utilizaran que pueden ser escalas de 0, 1, 3, 5, o del 1 al 10 en este caso se optó por la segunda escala, tabla 4.15, punto 16.
15	Calificar los factores considerados	La calificación se hizo tomando en cuenta la tabla del punto anterior y los datos de que se disponían. En este caso la calificación obtenida se describe dentro matriz de resultados del punto siguiente, punto 17
16	Generar matriz de resultados	Realización de la tabla 4.18, punto 18
17	Selección de la tecnología	La selección de la tecnología se hizo de acuerdo a la tecnología que obtuvo más puntos, en este caso American Maize, con 865 el valor más alto, punto 19.
18	Recomendación de la tecnología	Se recomienda la tecnología propuestas por American Maize con un total de 865 puntos de 1,000 posibles, después la presentada por Sheffield Farms con un total de 840 y por último la de Sugar Research Foundation con 810, punto 20 de la metodología
Fuente: Elaboración propia.		

Para la consideración de los aspectos a ser utilizados se consideró, primero lo principal, el proceso, la parte técnica y los aspectos estratégicos, como la conveniencia del proceso, la factibilidad de la materia prima, etc., de acuerdo a las consideraciones de selección de aspectos, descritas anteriormente se muestran en la tabla 4.14.

Aspecto a considerar	Decisión
1.- Evaluación técnica del proceso	Si
2.- Evaluación de aspectos técnicos complementarios	Si
3.- Evaluación económica financiera	No
4.- Evaluación contractual	No
5.- Evaluación de aspectos plausibles	No
6.- Evaluación de aspectos estratégicos-tácticos	Si
7.- Evaluación de aspectos normativos	No
Fuente: Elaboración propia.	

Parte importante en el trabajo es la escala de valores, que nos permitirá hacer una evaluación y posterior selección, de acuerdo a parámetros establecidos. Lo anterior permitirá, evaluar las tecnologías disponibles del ácido láctico como se en la tabla 4.15.



Tabla 4.15		
Escala de valores numéricos para las categorías		
Escala del valor	Descripción general	Definición
10	Excelente	Calificaciones superiores, aventajado en el diseño estándar.
9	Mediano muy alto	Mejores calificaciones excedido en el diseño estándar.
8	Mediano alto	No debilitado generalmente excedido en el diseño estándar.
7	Mediano	Poco debilitado, generalmente por de bajo del diseño estándar.
6	Mediano bajo	Algo debilitado, por debajo de algunos estándares
5	Mediano muy bajo	Severamente deficiente muy por debajo de algunos estándares.
4	Inadecuada	Muy deficientes, por debajo de los estándares.
3	Peor	Severamente deficiente, casi no tiene estándares.
2	Mala	Extremadamente deficiente, cercanamente inaceptable.
1	Insatisfactoria	Totalmente inaceptable.

Fuente: Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineering*, (1984), October 1, 91.

En este caso sólo serán tomadas las categorías como aspectos, para obtener algo más concreto y de fácil descripción a la hora de evaluar, además de que resulta más ilustrativo, como se ven en la tabla 4.16.

Tabla 4.16		
Consideraciones para algunas categorías		
	Categoría	Consideración
1	Diseño de procesos	Complejidad del proceso, consideraciones de seguridad, operaciones unitarias, facilidad de control, requerimiento de equipo especial, requerimiento de mantenimiento inusual, flexibilidad de la operación, vapor de agua
2	Disponibilidad de la tecnología	Número/Capacidad de unidades similares con licencia y ubicación, para su comparación o que tan rápida puede ser utilizada, ya adquirida.
3	Materia prima	Tipo de material prima, disponibilidad de la materia prima, complejidad de la materia prima, costo de la materia prima.
4	Costo de la tecnología	Uno de los más importantes, precio de la tecnología.
5	Calidad de los productos obtenidos	Pureza ,impureza, número de grados de acuerdo a la calidad, áreas de cobertura de la aplicación, productos reciclados y métodos de purificación,
6	Rendimiento	Porcentaje de rendimiento de la conversión de material prima a producto.
7	Costos de operación	Utilitarios, mano de obra, mantenimiento, honorarios de los licenciadores, mantenimiento de materias primas, requerimiento de flujos de material, catálisis, químicos, etc.
8	Costo de inversión	Equipamiento, construcción de la ingeniería civil, detallado de fases de ingeniería, costos de construcción, arranque, procuración, lugar de supervisión, constructores y capital de trabajo.
9	Flexibilidad de la operación.	Limitaciones por imposiciones de licencia, o por productos muy manufacturados, ventas, usos, que tan flexible es la operación de la planta, tiempo de operación de la planta



10	Tiempo de reacción	Tiempo que tarda en completarse la reacción química principal.
11	Tecnología futura. (posibilidad de desarrollo futuro)	Términos y condiciones de la transferencia de tecnología y futuras tecnologías, para licenciadores-licencias y viceversa, licencias de investigación-desarrollo y capacidades.
12	Subproductos y residuos de proceso.	Subproductos y/o derivados de reacciones principales o secundarias, así como productos que quedan fuera del proceso y que no tienen uso práctico dentro del mismo.
13	Ciclo de vida	Tiempo de vida útil de la tecnología, del proceso y de la planta.
14	Garantías y cobertura de patentes	Capacidad, recuperación, calidad, utilidad de las garantías con penalizaciones, términos, condiciones y patentes.
Fuente: Elaboración propia.		

Una vez seleccionados los aspectos y/o subaspectos que se evaluarán se les asignó la ponderación que llevarán en la evaluación, que permitirá no sólo calificarlos de acuerdo a su valor, si no que permitirá ponderarlos en el proceso de la metodología propuesta ver tabla 4.17.

N°	Aspectos o categorías	Factor de valoración o ponderación
		WFi
1	Diseño de procesos	10
2	Disponibilidad de la tecnología	5
3	Materia prima	5
4	Costo de la tecnología	5
5	Calidad de los productos obtenidos	10
6	Rendimiento	5
7	Costos de operación	10
8	Costo de inversión	10
9	Flexibilidad de la operación	10
10	Tiempo de reacción	5
11	Tecnología futura (posibilidad de desarrollo futuro)	10
12	Subproductos y residuos de proceso	5
13	Ciclo de vida	5
14	Garantías y cobertura de patentes	5
Total = Σ WFi, este valor debe ser igual a 100		$\Sigma = 100$
Fuente: Elaboración propia.		

Con todos los aspectos anteriores, ahora se puede generar la matriz de resultados en la tabla 4.18, que nos permitirá evaluar y después seleccionar la metodología, en esta tabla se muestran todas las categorías que se evaluarán, su ponderación, su valor y además el resultado de selección de procesos del ácido láctico.



Tabla 4.18
Tabla para la evaluación de procesos

Aspectos	Factor de valoración	American Maize	Sheffield Farms	Sugar Research Foundation
	WFi	Calificación * WFi	Calificación * WFi	Calificación * WFi
1.-Diseño de procesos.	10	9*10 = 90	9*10 = 90	7*10 = 70
2.- Disponibilidad de la tecnología	5	9*5 = 45	8*5 = 40	7*5 = 35
3.-Materia prima	5	10*5 = 50	8*5 = 40	9*5 = 45
4.-Costo de la tecnología	5	9*5 = 45	8*5 = 40	7*5 = 35
5.-Calidad de los productos obtenidos	10	8*10 = 80	9*10 = 90	8*10 = 80
6.- Rendimiento	5	9*5 = 45	8*5=40	9*5=45
7.-Costos de operación	10	8*10 = 80	9*10 = 90	8*10 =80
8.-Costo de inversión	10	9*10 = 90	8*10 = 80	9*10 = 90
9.-Flexibilidad de la operación	10	8*10 = 80	8*10 = 80	7*10 = 70
10.-Tiempo de reacción	5	8*5 = 40	7*5 = 35	10*5 =50
11.-Tecnología futura (posibilidad de desarrollo futuro)	10	8*10 = 80	8*10 = 80	8*10 = 80
12.-Subproductos y residuos de proceso	5	9*5 = 45	8*5 = 40	7*5 = 35
13.-Ciclo de vida	5	9*5 = 45	9*5 = 45	9*5 = 45
14.-Garantías y cobertura de patentes	5	10*5 = 50	10*5 = 50	10*5 = 50
Total de la ponderación (debe ser = 100)	$\Sigma p_i=100$			
Total de cada tecnología		865	840	810

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se puede observar que la tecnología seleccionada es la tecnología propuestas por American Maize con un total de 865 puntos de 1,000 posibles, después la presentada por Sheffield Farms con un total de 840 y por último la de Sugar Research Foundation con 810, cabe destacar que al comparar los estudios previos con la metodología propuesta, el resultado de esta nueva selección da valores exactos de acuerdo a las características del método, lo anterior se observa ya que los métodos presentados son muy diferentes.



Conclusiones

En la actualidad es de importancia conocer el tipo de tecnologías y empresas que predominan en el mercado de tecnología, ya que del conocimiento de estas, podemos hacer una selección y análisis de las alternativas más factibles y disponibles que se adecuen al ácido láctico, objetivo de nuestro trabajo, y el de sustituir la importación del ácido láctico para satisfacer la demanda del mercado a nivel nacional.

Los principales usos del ácido láctico son en productos alimentarios, fermentaciones y en productos farmacéuticos, aunque tiene numerosos usos industriales en productos no alimenticios de considerable interés; es uno de los principales acidulantes y puede usarse en cualquier clase de alimentos y bebidas. Las siguientes propiedades hacen que sea apropiado en gran variedad de productos.

- a) Es relativamente no volátil y prácticamente inodoro
- b) Todavía tiene un sabor ácido suave agradable que contrasta con el sabor picante y penetrante de otros ácidos alimenticios, haciéndolo un buen acidulante cuando es usado en combinación con materiales aromáticos en alimentos y bebidas
- c) Sin embargo, es un ácido relativamente fuerte y tiene buen poder preservativo (cuando se usa en una salmuera) o agente de encurtido (cuando se usa con vinagre) e impide los cambios putrefactivos
- d) No oculta ni domina otros sabores
- e) En algunos productos alimentarios impide su alteración
- f) También tiene la ventaja de que distribuido en forma líquida y es fácil de usar

Conociendo sus propiedades, tenemos bases sólidas para establecer un estudio de mercado para una introducción más amplia en el mercado, conociendo así sus posibles competidores, sus virtudes y defectos de este producto.



Debido a los nuevos campos de aplicación del ácido láctico se ha tenido un incremento en el desarrollo de nuevos procesos y tecnologías para la producción o manufactura, preparación y obtención del ácido láctico; así como innovaciones tecnológicas de los métodos de purificación de refinación de los procesos ya existentes.

El ácido láctico puede ser obtenido con alta pureza y rendimiento a partir de los procesos de fermentación. Sin embargo, el proceso de fermentación requiere de una gran cantidad de espacio y tiempo de operación. La adición de nutrientes en los procesos de fermentación incrementa el contenido de sólidos en la solución de ácido láctico.

En el proceso de síntesis no se presenta el problema de la alta concentración de sólidos; el tiempo de reacción es bajo y el proceso de purificación mediante destilación hacen que el proceso sea continuo, sin embargo, el producto final es el metil ester y en la solución de ácido láctico crudo se presentan una gran variedad de ácidos orgánicos, aumentando el problema de corrosión e incrementando los costos del proceso de refinación. Las reacciones en el proceso de síntesis se llevan a cabo en soluciones más concentradas por lo que los costos de evaporación son bajos.

Actualmente los procesos de fermentación cuentan con reactores que utilizan soporte para los microorganismos por lo que la operación llega a ser continua. En general, tanto los procesos de fermentación como los de síntesis, presentan problemas de corrosión.

Cabe destacar que este caso práctico con el fin de dar un ejemplo de la metodología propuesta, por lo que el contacto con proveedores de tecnología no fue necesario, por lo que



la metodología se simplificó mucho; además la decisión de seleccionar uno de los diferentes métodos que se presentaron fue propia, de acuerdo a la información obtenida y de acuerdo con el método. Sí se tuviera la necesidad recurrir a proveedores de tecnología, seguramente la decisión cambiaría.

Los criterios de evaluación que se presentaron son los más representativos, para seleccionar las diferentes tecnologías propuestas, en la última matriz para la selección de tecnologías se evaluó numéricamente, el método seleccionado dentro de la metodología propuesta, obteniendo la tecnología de American Maize la mayor puntuación, aunque no como se esperaba, ya que se pensaba que la diferencia sería mayor y no sólo de 4.5 puntos porcentuales, que en términos prácticos son muy poca diferencia.

Es importante observar que si bien el resultado obtenido se parece al resultado que obtuvo el autor del estudio previo.⁸ Esta nueva selección se obtuvo de acuerdo a la metodología propuesta, con una selección de diferentes aspectos, con una ponderación que no se había tomado en cuenta en trabajos previos y con calificaciones o valores de acuerdo a sus características y como se puede ver el método anterior da un resultado muy simple, que permite una selección adecuada del mejor.

⁸ Hugo Norberto Ciceri Silvenses, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.

CAPÍTULO 5

Conclusiones



Al proponer esta metodología se logró dar una nueva tendencia a la selección de tecnologías, conjuntando la evaluación por una parte y la selección por otra, además se logró el objetivo, que era proponer una metodología que permitiera seleccionar la tecnología de proceso en plantas químicas de una forma racional y coherente, dando las siguientes ventajas y desventajas.

En este trabajo se presentaron muchos parámetros que pueden ser utilizados para evaluar y posteriormente seleccionar procesos y tecnologías de industrias químicas, desde varios puntos de vista, desde económicos, financieros, hasta sociales, que pueden no sólo ser usados en empresas productoras sino en empresas prestadoras de servicio, como puede ser el gobierno.

En este trabajo se presenta mucha información, es útil para abordar diferentes objetivos y diversos puntos de vista, por lo que se recomienda no dejarlos a un lado.

Cabe destacar que sea cual sea, el método escogido dentro de la metodología propuesta, al final ésta da como resultado una evaluación que puede o no ser matricial, que en este caso el trabajo da valores numéricos y no esta sujeta a decisiones del investigador, licenciador, comprador o cualquier persona que la utilice; lo que a veces resulta complicado, ya que cada persona o grupo de personas tiene un punto de vista diferente, así como distintas prioridades o visiones de la tecnología. Además no esta sujeta a parámetros subjetivos, decisiones equivocadas o presiones externas, que suelen influenciar en la selección.



Esta metodología además proporciona los métodos para seleccionar y filtrar toda información que se puede obtener, analizando y canalizando de acuerdo a lo que será el método y si es necesario la metodología propuesta nos dice en que momento es necesario volver a solicitar o consultar información. Al proporcionar una ponderación (Rating) a las categorías se logró priorizar estas, lo que da un peso específico a cada una y no sólo una calificación de acuerdo al nivel que puede obtener al comparar la misma categoría de cada tecnología.

La metodología propuesta genera una lista de control para evaluar las habilidades de los candidatos. Así, el evaluador se obliga a revisar las capacidades de los candidatos en cada categoría. Esto resalta las áreas dónde la información adicional se necesita, así como proporcionar una base para las evaluaciones externas y las posteriores negociaciones del candidato potencial y sobre todo proporciona la información en la etapa de selección.

El comparar a los candidatos contra una norma. Evita seleccionar el "bueno del peor". Con otros métodos de de selección el candidato puede ser un bueno global y todavía no contar con todos los requisitos. El método producirá una cuenta global para cada candidato, mientras va mostrando la comparación entre cada uno de ellos.

La metodología propuesta también permite que todas las personas que trabajen en el proyecto usen la misma técnica de la evaluación-selección, proporcionando un grado de estandarización, además proporciona una tabla de consideraciones para las categorías.



La metodología propuesta está diseñada para ser utilizada en empresas públicas o privadas; en donde se presenta contacto con tecnólogos, licenciadores y equipos especializados en selección, donde se puede obtener información pública o privada sobre la tecnología. La metodología es también aplicable a investigadores, como es este el caso, en donde la información disponible no es muy amplia y donde se maneja un punto de vista académico y aprendizaje teórico.

La estandarización es especialmente importante cuando los especialistas de los diversos grupos (por ejemplo, ingenieros de proceso, administradores del contrato y gerentes del proyecto) evalúan y seleccionan una oferta en particular. Esto cambia las justificaciones del seleccionador para cada candidato y cada categoría, además da una credibilidad más aceptable, debido a una selección imparcial.

En muchas ocasiones quien formula proyectos e incluso quien los seleccionan desconocen o minimizan los objetivos extrínsecos e intrínsecos del que decide, proponiéndose soluciones bajo un criterio exclusivamente técnico, lo que conlleva a engrosar la lista de proyectos "guardados bajo el escritorio" y a desilusiones en el equipo técnico.

ANEXO 1

Clasificación internacional de productos y servicios



Anexo 1 Clasificación internacional de productos y servicios¹

Clase	Productos
1	Químicos usados en la industria, ciencia y fotografía, así como, en la agricultura, horticultura y silvicultura; resinas artificiales en bruto, plásticos en bruto; abonos para las tierras; composiciones extintoras; preparaciones para el temple y la soldadura; sustancias químicas para conservar los productos alimenticios; sustancias curtientes; adhesivos (pegamentos) usados en la industria
2	Pinturas, barnices, lacas; conservadores contra la herrumbre y el deterioro de la madera; colorantes; mordientes; resinas naturales en bruto; metales en hojas y en polvo para pintores, decoradores, impresores y artistas.
3	Preparaciones para blanquear y otras sustancias para uso en la lavandería; preparaciones abrasivas y para limpiar, pulir y fregar; jabones; perfumería, aceites esenciales, cosméticos, lociones para el cabello; dentífricos
4	Aceites y grasas industriales; lubricantes; productos para absorber, regar y concentrar el polvo; combustibles (incluyendo gasolinas para motores) y materias para alumbrar; velas y mechas para alumbrar
5	Preparaciones farmacéuticas y veterinarias; preparaciones sanitarias para uso medico; sustancias dietéticas para uso medico, alimento para bebes; yeso para uso medico, material para curaciones (apósitos y vendas); material para tapar dientes; cera dental; desinfectantes; preparaciones para la destrucción de animales dañinos; fungicidas, herbicidas
6	Metales comunes y sus aleaciones; materiales de construcción metálicos; construcciones transportables metálicas; materiales metálicos para vías férreas; cables y alambres no eléctricos de metales comunes; ferretería, artículos pequeños de metal de ferretería; tubería y tubos metálicos; cajas de seguridad; productos de metales comunes no comprendidos en otras clases; minerales
7	Máquinas y máquinas herramientas; motores y motores de combustión interna (excepto para vehículos terrestres); acoplamientos y componentes de transmisión (excepto para vehículos terrestres); implementos agrícolas que no sean operados manualmente; incubadoras de huevos
8	Herramientas manuales e implementos (operados manualmente); cubertería y cuchillería; armas blancas; máquinas de afeitar o rastrillos
9	Aparatos e instrumentos científicos, náuticos, topográficos, fotográficos, cinematográficos, ópticos, de pesar, de medir, de señalización, de control (inspección), de salvamento y de enseñanza; aparatos e instrumentos para conducir, interrumpir, transformar, acumular, regular o controlar la electricidad; aparatos para la grabación, transmisión o reproducción de sonido o imágenes; soportes de registro magnéticos, discos para grabar; máquinas expendedoras automáticas y mecanismos para aparatos de previo pago; cajas registradoras, máquinas calculadoras, equipo para el procesamiento de información y computadoras; extintores
10	aparatos e instrumentos quirúrgicos, médicos, dentales y veterinarios, miembros, ojos y dientes artificiales; artículos ortopédicos; material de sutura
11	Aparatos para alumbrar, calentar, producir vapor, de cocción (cocina), refrigerar, secar, ventilar, suministrar agua y para propósitos sanitarios
12	Vehículos; aparatos de locomoción terrestre, aérea o marítima
13	Armas de fuego; municiones y proyectiles; explosivos; fuegos pirotécnicos
14	Metales preciosos y sus aleaciones y artículos de metales preciosos o chapeados de estos materiales, no comprendidos en otras clases; joyería, piedras preciosas; relojería e instrumentos cronométricos
15	Instrumentos musicales

¹ Disponible en Internet:

<http://www.impi.gob.mx/impi/jsp/indice_all.jsp?OpenFile=docs/marcas/clasificacion.html>



Anexo 1.-Clasificación internacional de productos y servicios

- 16 Papel, cartón y artículos de estos materiales, no comprendidos en otras clases; productos de imprenta; material de encuadernación; fotografías; papelería; adhesivos (pegamentos) para la papelería o la casa; material para artistas; pinceles; máquinas de escribir y artículos de oficina (excepto muebles); material de instrucción y de enseñanza (excepto aparatos); materiales plásticos para embalaje (no comprendidas en otras clases); caracteres de imprenta
- 17 caucho, gutapercha, goma, asbesto, mica y productos hechos de estos materiales no comprendidos en otras clases; plásticos estirados por presión para uso en la fabricación; materiales para embalaje, para tapar u obstruir y para aislar; tubos flexibles no metálicos
- 18 Cuero e imitaciones de cuero, y productos hechos de estos materiales no comprendidos en otras clases; pieles de animales; baúles y maletas; paraguas, sombrillas y bastones; látigos, arneses y talabartería
- 19 Materiales de construcción (no metálicos); tubos rígidos no metálicos para la construcción; asfalto, brea y betún; construcciones transportables no metálicas; monumentos no metálicos
- 20 muebles, espejos, marcos; productos (no comprendidos en otras clases) de madera, corcho, caña, junco, mimbre, cuerno, hueso, marfil, hueso de ballena, concha, ámbar, nacar, espuma de mar y sustitutos de todos estos materiales o plásticos
- 21 Utensilios y recipientes para la casa o la cocina (que no sean de metales preciosos, ni chapeados); peines y esponjas; cepillos o brochas (con excepción de los pinceles); materiales para la fabricación de cepillos o brochas; artículos de limpieza; estropajos de acero; vidrio en bruto o semielaborado (con excepción del vidrio usado en la construcción); cristalería, porcelana y loza no comprendidas en otras clases
- 22 Cuerdas, cordones (cordeles), redes, tiendas de campaña, toldos, lonas, velamen, sacos y bolsas (no comprendidos en otras clases); materiales para acolchar y rellenar (con excepción de caucho o plásticos); textiles fibrosos como materia prima
- 23 Estambres e hilos, para uso textil
- 24 Textiles y productos textiles, no comprendidos en otras clases; ropa de cama y de mesa
- 25 Vestuario, calzado, sombrerería
- 26 Encaje y bordado, listones y galones (cintas); botones, broches de gancho y ojillos, alfileres y agujas; flores artificiales
- 27 Alfombras, tapetes, esteras, linoleum y otros materiales para recubrir los pisos existentes; tapices colgantes para pared (no textiles)
- 28 Juegos y juguetes; artículos de gimnasia y de deporte no comprendidos en otras clases; decoraciones para árboles de navidad
- 29 Carne, pescado, aves y caza; extractos de carne; frutas y vegetales en conserva, secas y cocidas; gelatinas, mermeladas, compotas; huevos, leche y productos lácteos; aceites y grasas comestibles
- 30 Café, te, cacao, azúcar, arroz, tapioca, sagu, sustitutos del café; harina y preparaciones hechas de cereales, pan, pastelería y confitería, helados; miel, jarabe de melaza; levadura, polvo para esponjar; sal, mostaza; vinagre, salsas (condimentos); especias; hielo
- 31 Productos agrícolas, hortícola y forestales; granos no comprendidos en otras clases; animales vivos; frutas y vegetales frescos; semillas, plantas y flores naturales; productos alimenticios para animales; malta
- 32 Cervezas; aguas minerales y gaseosas, y otras bebidas no alcohólicas; bebidas de frutas y jugos de frutas; jarabes y otras preparaciones para hacer bebidas
- 33 Bebidas alcohólicas (excepto cervezas)



Anexo 1.-Clasificación internacional de productos y servicios

Clase	Servicios
35	Publicidad; dirección de negocios; administración de negocios; trabajos de oficina
36	Seguros; asuntos financieros; asuntos monetarios; asuntos inmobiliarios
37	Construcción de bienes inmuebles; reparación; servicios de instalación
38	Telecomunicaciones
39	Transporte; embalaje y almacenaje de mercancías; organización de viajes
40	Tratamiento de materiales
41	Educación; capacitación; entretenimiento; actividades deportivas y culturales
42	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño relacionados con estos; servicios de análisis e investigación industrial; diseño y desarrollo de equipo y programas de computadora o software; servicios legales
43	Servicios para proveer alimentos y bebidas; hospedaje temporal
44	Servicios médicos; servicios veterinarios; cuidados de higiene y de belleza para personas y animales; servicios de agricultura, horticultura
45	Servicios personales y sociales prestados por terceros destinados a satisfacer las necesidades de los individuos; servicios de seguridad para la protección de bienes e individuos

ANEXO 2

**Crerios sociales de evaluaci3n de un proyecto, relativos a
la productividad de un solo factor**



Anexo 2

Criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor¹

A continuación se presenta una breve descripción de los criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor.

(1) La relación producto-capital

Así como la rentabilidad mide la productividad en términos que interesan principalmente al empresario privado (utilidades), la relación entre el valor agregado al producto nacional y el capital expresa la productividad de este último en un sentido social. A esta relación se le denomina "relación producto-capital".

Se define al "valor agregado"² como la diferencia entre el valor de venta de la producción estimado en el proyecto y las compras que se deben hacer a otras empresas para obtener esa producción (materias primas, energía, lubricante, repuestos, etc.). El valor agregado es numéricamente igual a la suma de sueldos, salarios, arriendos, intereses y utilidades de la empresa; con respecto a la depreciación y los impuestos indirectos. El valor agregado puede ser neto o bruto y valorado a costo de factores o a precios de mercado. Es neto si excluye la depreciación; es a costo de factores si excluye la tributación indirecta o los subsidios.

(2) La intensidad de capital

El concepto de intensidad de capital se refiere al mayor o mejor uso relativo del capital que se requiere en los proyectos. Las varias maneras cuantitativas de expresarlo se pueden dividir en dos grandes grupos. En uno se comprenden aquellos coeficientes que son el valor recíproco de los diversos coeficientes de productividad del capital; según esta forma de medición, la intensidad de capital sería el capital total que se requiere en el proyecto por unidad de valor agregado o bruto anual que ha de producirse. El cociente del capital total y el valor bruto de la producción anual es el valor recíproco del que mide la velocidad de rotación del capital; el cociente capital total a valor agregado anual es el recíproco de la relación producto-capital y se conoce como el "coeficiente de capital".

(3) Ocupación por unidad de capital

Cuando existen problemas de desempleo (desocupación), la cantidad de personal que se logra ocupar por unidad de capital puede pasar a ser un coeficiente de alta ponderación. Este coeficiente de ocupación, como podría designarsele, se obtendrá dividiendo el número de personas empleadas en virtud del proyecto por el capital total que este requiere. La valoración social del capital invertido será aquí especialmente interesante, pues si hay desocupación disminuirá el denominador sin afectar al numerador, mejorando mucho el coeficiente. La valoración a precios de mercado, como siempre, será indispensable para abordar el problema de financiamiento. Al emplear este criterio los proyectos que ocupen más mano de obra por

¹ J. M. Melnick, op. cit. .

² Idem.



Anexo 2.- Criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor

unidad de capital socialmente valorado tendrán entonces una prioridad más alta de la que tendrían valorando el capital a precios de mercado.

(4) Productividad de la mano de obra

La productividad de la mano de obra se puede definir como el valor de la producción obtenida por unidad de la misma empleada en ella.

La producción se suele expresar en términos de valor bruto (valor de venta) de los bienes o servicios, pero para los efectos de comparación de proyectos muchas veces será más útil expresarla como valor agregado. La fuerza de trabajo se puede expresar en términos físicos de años-hombre u horas-hombre o en las unidades monetarias equivalentes al costo de la mano de obra utilizada. El uso de las unidades monetarias plantea el problema de la valoración.

En cuanto a la evaluación, el concepto de productividad de la mano de obra resulta útil para comparar, en un proyecto dado, alternativas técnicas de producción que contemplan la posibilidad de sustitución entre mano de obra y el capital. En este cotejo, la valoración social de los factores puede adquirir importancia decisiva. Decidida la alternativa técnica más adecuada, la productividad de la mano de obra del proyecto en términos de valor agregado será una expresión de su contribución al nivel del ingreso medio por habitante; podrá servir como coeficiente de evaluación parcial en el cotejo de proyectos que producirán distintos bienes o servicios. Este cotejo tendrá limitaciones porque, si bien el objetivo básico del desarrollo económico es aumentar la tasa de crecimiento del producto nacional por habitante, ello no implica que necesariamente tengan prioridad proyectos que muestren una mayor productividad de la mano de obra. Entre otras razones, hay que considerar que no es el único recurso empleado en la producción y que la mayor productividad puede ser sólo la resultante de sustituir mano de obra por capital.

(5) La productividad marginal social del capital y su contribución al ingreso nacional

Este criterio se caracteriza por la forma de definir y medir la contribución del proyecto al ingreso y de incluir los efectos debidos a la sobre-valoración o a la subvaloración del tipo de cambio. El criterio considera que los proyectos tienen efectos amplios, entre los que se incluyen la redistribución del ingreso nacional, por lo que es necesario medirlos todos en términos de un común denominador. El denominador utilizado en este criterio es el ingreso nacional, pero por limitaciones prácticas sólo incluye en su coeficiente los efectos de la mayor producción y los relacionados con la disponibilidad de divisas, dada una cierta sobrevaloración o subvaloración del tipo de cambio.

(6) El factor divisas

Un proyecto puede ser consumidor o productor neto de divisas según que el balance final de divisas insumidas y divisas liberadas por sustitución de importaciones o incremento de las exportaciones de un saldo negativo o positivo.

ANEXO 3

Lista de comprobación y control del contenido de un proyecto

Anexo 3

Lista de comprobación y control del contenido de un proyecto¹

El Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES) recomienda que la presentación de un proyecto a nivel de estudio de factibilidad o anteproyecto definitivo contenga los siguientes puntos:

1. Descripción sumaria del proyecto

a. *Objetivos del proyecto*

- i. Identificación del producto.
 - Calidad
 - Destino
 - Grado de esencialidad
 - Durabilidad
 - Usuarios o consumidores
- ii. Caracterización del proyecto
 - Naturaleza
 - Importancia
 - Ubicación sectorial y localización física

b. *Síntesis de las conclusiones*

- i. Del estudio de mercado
 - Demanda actual del producto y su proyección
 - Oferta actual y futura
 - Fracción de la demanda que atenderá el proyecto
- ii. Del estudio técnico
 - Capacidad instalada
 - Insumos críticos
 - Tecnología
 - Rendimientos físicos
 - Localización
 - Obras físicas principales ó características
 - Características principales de la empresa como organización
 - Fechas principales de la realización del proyecto
 - Costo de producción total y unitario en funcionamiento normal
- iii. Del estudio financiero
 - Necesidades totales de capital
 - Capital propio y créditos
 - Ingresos y gastos en funcionamiento normal
 - Punto de nivelación
- iv. De la evaluación económica
 - Principales relaciones del proyecto con la economía del país, región y sector
 - Criterios adoptados para la evaluación

¹ Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, *op. cit.*



- Principales indicadores y coeficientes utilizados
- Síntesis de las conclusiones de la evaluación
- v. Del plan de ejecución
 - Fechas importantes de iniciación y terminación de las tareas del proyecto
 - Alternativas de plazos de ejecución y sus costos

2. Estudio de mercado

a. *El producto en el mercado*

- i. Producto principal y subproductos
- ii. Productos substitutivos o similares
- iii. Productos complementarios

b. *El área del mercado*

- i. Población.
 - Contingente actual y tasa de crecimiento
 - Estructura y sus cambios
- ii. Ingresos
 - Nivel actual y tasa media de crecimiento
 - Estratos actuales y cambios en la distribución
- iii. Factores limitativos de la comercialización o distribución
 - Alterables (plazo viable para alterarlos)
 - Inalterables

c. *Comportamiento de la demanda*

- i. Situación actual
 - Series estadísticas básicas
 - Estimación de la demanda actual
 - Distribución espacial y topología de los consumidores
- ii. Características teóricas de la demanda
 - Coeficientes de crecimiento histórico
 - Índices básicos y funciones y curvas de demanda
- iii. Situación futura -proyección de la demanda
 - Extrapolación de la tendencia histórica
 - Análisis de los factores condicionantes de la demanda futura
 - Previsión corregida y calificada de la demanda futura

d. *Comportamiento de la oferta*

- i. Situación actual
 - Series estadísticas básicas
 - Estimación de la oferta actual
 - Inventario crítico de los proveedores principales
- ii. Análisis del régimen de mercado
 - Naturaleza y grado de la intervención estatal
 - Grado de competencia entre los proveedores
- iii. Situación futura -Evaluación previsible de la oferta
 - Utilización de capacidad ociosa



- Planes y proyectos de ampliación de la capacidad instalada
- Análisis de los factores que condicionan la evolución previsible
- Estimación corregida y calificada de la oferta futura

e. Determinación de los precios del producto

- i. Mecanismos de formación de los precios del producto
- ii. Márgenes de precios probables y su efecto sobre la demanda
 - Análisis de las series históricas de precios
 - Hipótesis de evolución futura de los precios
 - Influencia prevista de los precios en la cuantía de la demanda

f. Posibilidades del proyecto (posición en el mercado)

- i. Condiciones de competencia del proyecto
- ii. Demanda potencial del proyecto

3. Estudio técnico

Estudio básico

Tamaño

a. Capacidad del proyecto

- i. Definición del tamaño
- ii. Capacidad diseñada
- iii. Márgenes de capacidad utilizables
 - Reservas
 - Sobrecarga posible
 - Fraccionamiento

b. Factores condicionantes del tamaño

- i. Dimensión del mercado
- ii. Capacidad financiera
- iii. Disponibilidad de insumos materiales y humanos
- iv. Problemas de transporte
- v. Problemas institucionales
- vi. Capacidad administrativa

c. Justificación del tamaño en relación con el proceso y la localización

Proceso

Descripción de las unidades de transformación (separando las existentes y las proyectadas)

d. Descripción del proceso de transformación

- i. Insumos principales y secundarios
- ii. Insumos alternativos y efectos de su empleo
- iii. Productos principales, subproductos e intermedios



- iv. Residuos
 - v. Identificación y descripción de las etapas intermedias
 - vi. Diagrama de flujo del proceso total
- e. Descripción de las instalaciones, equipos y personal*
- i. Del proceso de transformación
 - ii. De los sistemas complementarios

Calificación de las unidades existentes

f. Calificación del diseño (proceso de transformación e instalaciones)

- i. Problemas de adecuación
- ii. Problemas de escala de producción

g. Calificación de la operación

- i. En cuanto a insumos
- ii. En cuanto a instalaciones
- iii. En cuanto a productos
- iv. En cuanto a mano de obra
- v. En cuanto a economías externas

h. Posibilidades de expansión de la capacidad utilizada

- i. Capacidad ociosa
- ii. Instalaciones incompletas
- iii. Sobrediseño
- iv. Expansión por cambios tecnológicos

Justificación de las unidades nuevas

i. Justificación técnica del proceso de transformación

- i. Condiciones iniciales
 - Insumos importados
 - Insumos nacionales disponibles en el mercado
 - Insumos nacionales cuya producción se desarrollará
 - Factores restrictivos o condicionantes
- ii. Inventario crítico de los procesos existentes
- iii. Criterios de selección de alternativas y orden de su aplicación
- iv. Análisis de la escala de producción

j. Justificación de las instalaciones, equipos y personal

- i. Del proceso de transformación
- ii. De los sistemas complementarios

k. Capacidad de expansión de las instalaciones

l. Justificación del proceso en relación con el tamaño y la localización



Localización

Descripción

m. Micro localización

n. Integración en el medio

- i. Condiciones naturales, geográficas y físicas
- ii. Economías externas
- iii. Condiciones institucionales

o. Ordenamiento espacial interno

- i. Dimensiones y características técnicas del terreno
- ii. Distribución de las instalaciones en el terreno
- iii. Diagrama de flujo espacial

Calificación y/o justificación

p. Con relación al medio

- i. Razones de geografía física
- ii. Economías y deseconomías externas
- iii. Razones institucionales

q. Con relación a las características del terreno

- i. Del proceso productivo
- ii. Del programa de expansión

r. Distancias y costos de transporte

- i. De los insumos
- ii. De los productos

s. Posibilidades de conexión de las unidades nuevas y con las existentes

- i. En la solución de los problemas actuales de localización
- ii. En la expansión de las instalaciones actuales

t. Justificación de la localización en relación con el tamaño y el proceso

Estudio complementarlo

Obras físicas

u. Inventario

- i. Relación y especificación de las obras que se realizaran
- ii. Clasificación funcional y características específicas de las obras



- v. *Dimensiones de las obras*
 - i. Exigencias en terrenos
 - ii. Dimensiones materiales y físicas

- w. *Requisitos de las obras*
 - i. Materiales
 - ii. Mano de obra
 - iii. Equipos, maquinarias, herramientas e instalaciones para construcción

- x. *Problemas específicos*
 - i. Resultantes de condiciones geográficas y físicas
 - ii. Resultantes de problemas institucionales

- y. *Costos*
 - i. Costos unitarios de los elementos de obra
 - ii. Costos totales de las obras

Organización

- z. *Organización para la ejecución*
 - i. Entidades ejecutoras
 - ii. Tipos de contratos de ejecución

- aa. *Organización para la operación*
 - i. Establecimiento progresivo de la organización
 - ii. Planteamiento de la organización jurídico administrativo
 - iii. Planteamiento de la organización técnico-funcional
 - iv. Planteamiento del sistema de control
 - v. Organigrama general

Calendario

- bb. *Conclusión del proyecto*
 - i. Revisión del anteproyecto
 - ii. Contactos finales con proveedores
 - iii. Diseño definitivo y de detalles

- cc. *Negociación del proyecto*
 - i. Consecución del financiamiento
 - ii. Obtención de autorizaciones legales
 - iii. Contratación de firmas ejecutoras

- dd. *Ejecución del proyecto*
 - i. Construcción de obras físicas
 - ii. Adquisición de maquinarias y equipos y/o su fabricación y entrega
 - iii. Montaje de maquinarias y equipos



- iv. Contratación y capacitación del personal
- v. Organización e instalación de la empresa

ee. Operación del proyecto

- i. Plazo para operación experimental y puesta en marcha
- ii. Período para llegar a la operación normal prevista

Análisis de costos

ff. Costo total de la inversión física

- i. De la construcción de obras físicas
- ii. De equipos y máquinas
- iii. De existencias

gg. Costo total de la operación

- i. De la mano de obra
- ii. De los materiales
- iii. De los servicios
- iv. Depreciación

hh. Costos unitarios

- i. Costos unitarios básicos y su estructura
- ii. Costos unitarios mínimos y su comparación con los de otras alternativas analizadas en el estudio técnico
- iii. Clasificación de los rubros de costo en fijos y variables

4. Estudio financiero

a. Recursos financieros para la inversión

- i. Necesidades totales de capital
 - Para cubrir la inversión fija
 - Para cubrir las necesidades de capital de giro
 - Calendario de las inversiones
- ii. Capital disponible
 - Capital realizado a corto plazo
 - Capital realizado a plazos mediano y largo
 - Aportes en bienes intangibles
- iii. Capacidades inversión de la empresa

b. Análisis y proyecciones financieras

- i. Proyección de los gastos
 - Gastos de inversión
 - Gastos de operación
 - Gastos totales por año
- ii. Proyección de los ingresos
 - Ingresos de capital
 - Ingresos de operación y otros



- Ingresos totales por año
 - iii. Financiamiento adicional
 - iv. Punto de nivelación.

 - c. *Programa de financiamiento*
 - i. Estructura y fuentes de financiamiento
 - Orígenes del financiamiento
 - Distribución en el tiempo
 - Formación del capital propio
 - Modalidades de crédito
 - ii. Cuadro de fuentes y usos de fondos
 - Origen y cronología de recaudación de los fondos
 - Uso de los fondos y su cronología
 - Cronología de las disponibilidades
 - Políticas financieras alternativas

 - d. *Evaluación financiera*
 - i. Tasa interna de retorno
 - ii. Valor neto actualizado de los ingresos
 - iii. Relaciones financieras básicas
 - iv. Conclusiones del estudio financiero
5. Evaluación económica
- a. *El sistema económico como marco actual del proyecto*
 - i. Indicadores básicos generales
 - En la economía como un todo
 - En el sector del proyecto
 - En el área económica interesada por el proyecto (a nivel del producto interno, ingreso por habitante; monto de exportaciones e importaciones; coeficiente de inversión; y otros índices macroeconómicos)

 - ii. Naturaleza y ritmo del desarrollo de la economía
 - Evolución histórica
 - ★ Población
 - ★ Ocupación
 - ★ Producción
 - ★ Productividad
 - ★ Exportación
 - ★ Importación

 - Cambios estructurales
 - ★ En la composición sectorial
 - ▲ De la ocupación del producto interno
 - ▲ De la productividad
 - ★ En la participación del sector público
 - ★ En la distribución de la inversión

- ▲ Por tipos de bienes
 - ▲ Entre los sectores públicos y privados
 - ★ En las estructuras de la exportación y de la importación, sus destinos y orígenes
 - Aspectos sociales
 - ★ Principales variables demográficas
 - ▲ Consumo
 - ▲ Nutrición
 - ▲ Salud
 - ▲ Educación
 - ▲ Vivienda y organización espacial y de la comunidad
 - ★ Relaciones con el exterior
 - ▲ Intercambio y saldos del comercio exterior
 - ▲ Variación de las relaciones de intercambio
 - ▲ Poder de compra de las exportaciones
 - ▲ Desequilibrio y financiamiento externo y sus modalidades
 - ▲ Servicios de amortización e intereses del capital extranjero
 - ▲ Acumulación de la inversión directa extranjera y su incidencia en la formación de capital
- b. *Factores condicionantes del sistema sobre el cálculo económico del proyecto*
- i. Cálculo económico del proyecto en sí
 - Inversiones y su costo
 - Costos e ingresos de operación
 - Actualización de ingresos y gastos
 - Rentabilidad del proyecto
 - ★ Valor neto actualizado
 - ★ Tasa interna de retorno
 - Relación beneficio-costo
 - Análisis de sensibilidad económica
 - ii. El proyecto en el cálculo económico de la empresa
 - El aporte del proyecto a la empresa
 - El costo del proyecto como costo adicional de la empresa
 - La rentabilidad marginal del proyecto
 - iii. Calificación y cuantificación de los factores condicionantes
 - Por características del mercado
 - ★ La utilización de precios de cuenta del capital, de la mano de obra y de las divisas
 - ★ Origen e hipótesis básicas de los precios de cuenta.
 - Por disponibilidad limitada de recursos financieros
 - Por disponibilidad limitada de divisas
 - Por disponibilidad limitada de insumos físicos
 - Por limitaciones técnicas
 - Por limitaciones derivadas de la planificación
 - Por limitaciones institucionales
 - iv. Factores condicionantes no superables



- v. Proposiciones de política económica para ajustar al proyecto a determinados factores condicionantes
 - c. *Evaluación de los efectos del proyecto sobre variables del sistema económico*
 - i. Efectos del proyecto como inversión
 - Sobre la capacidad de producción del sistema
 - Sobre el balance de pagos
 - Sobre el empleo de mano de obra
 - Sobre la utilización de otros factores de producción
 - Sobre el mercado de capitales y los mecanismos financieros
 - Sobre la estructura de la inversión
 - Sobre las economías externas de otras empresas
 - Sobre el nivel tecnológico
 - Sobre el desarrollo regional y el ambiente humano
 - ii. Efectos del proyecto como programa de producción
 - Sobre el ingreso
 - Sobre el balance de pagos
 - Sobre el empleo de mano de obra
 - Sobre la utilización de otros factores de producción
 - Sobre los mecanismos de financiamiento a corto plazo
 - Sobre la estructura del consumo
 - Sobre las economías externas de otras empresas
 - Sobre el nivel tecnológico
 - iii. Enfoque integrado de los efectos del proyecto como inversión y programas de producción
 - Consolidación de los efectos del proyecto sobre el sistema
 - ★ Efectos directos
 - ★ Efectos indirectos
 - ★ Efectos secundarios
 - Consolidación de los efectos del proyecto por sus características
 - d. *Resumen y conclusiones de la evaluación*
6. Plan de ejecución
- a. *Inventario y especificación de las actividades*
 - i. Adquisición a terceros
 - De bienes
 - De derechos
 - De servicios
 - ii. Aprovisionamiento
 - Transporte externo e interno
 - Almacenamiento, distribución interna y vigilancia
 - Movilización y entrenamiento de mano de obra
 - iii. Construcción y montaje
 - Edificios y servicios complementarios
 - Máquinas, equipos y aparatos



Anexo 3.- Lista de comprobación y control del contenido de un proyecto

- iv. Puesta en marcha
 - Verificación y ajuste
 - Utilización experimental
 - Inspección y aprobación

- b. *Estudio de tiempo*
 - i. Estimación de la duración probable de cada actividad
 - ii. Análisis de la secuencia de actividades
 - iii. Presentación de la red de actividades
 - iv. Cálculo de las fechas y otras magnitudes características
 - v. Identificación de caminos críticos y confección del calendario

- c. *Esquema indicativo de los requisitos necesarios de cada actividad*
 - i. Materiales
 - ii. Mano de obra
 - iii. Servicio de terceros
 - iv. Financiamiento

- d. *Planteamiento de alternativas tecnológicas de ejecución: variación en la duración del proyecto*
 - i. Posibilidades de transferir recursos entre actividades
 - ii. Efectos sobre los costos
 - iii. Costos

BIBLIOGRAFÍA



1. KASTEMS, M. L., F. A. Bauldaski, “Productos químicos de la leche”, *Ind. Eng. Chem.*, 44, núm. 6. 1257-1269.
2. INSKEEP, Gordon C., “Ácido láctico del azúcar de maíz”, *Ind. Eng. Chem.*, 44, 1955-1966.
3. MONTGOMERY, Rex, “Producción química del ácido láctico y otros ácidos apartir de la melaza”, *Ind Eng. Chem.*, 45, 1136–1143.
4. SPEIR, W. B., “Choosing and planning industrial sites”, *Chemical Engineering*, (1965) march.
5. HALL, Richard S., “Current costs of process equipment”, *Chemical Engineering*, (1982), may, 80–116.
6. GUTHRIE, K. M., “Capital cost estimating”, *Chemical Engineering*, (1969), march, 114–142.
7. “Current prices of chemicals and related materials” *Chemical Marketing Reporter*, (1985), february, 37–46.
8. TWADDLE, W. W., “Evaluating and sizing new chemical plants”, *Chemical Engineering, Progress*, 62 (1966), núm.7, 90.
9. SALETAN, D. I. and A. V. Caselli, “Optimum design capacity of new plants”, *Chemical Engineering, Progress*, 59 (1963), núm. 5, 69.
10. LOVETT, K. M., G: E. Swigett, “When you select a plant site”, *Hydrocarbon Processing*, (1982), may, 285–293.
11. WHITAKER, John R., “Biochemical changes occurring during the fermentation of high-protein foods”, *Food Technology*, (1978), may, 175–180.
12. KIRK, Raymond and Donald F. Othmer, *Enciclopedia de tecnología química*, 3^a. ed. Board., New York (E. U. A.), s. a., t 13, p. 80 - 101.
13. KIRK, Raymond and Donald F. Othmer, *Enciclopedia de tecnología química*, 2^a. ed. Board, New York (E. U. A.), s. a., t. 12, p. 170 – 187.
14. KIRK, Raymond and Donald F. Othmer, *Enciclopedia de tecnología química*, 4^a. ed. John Wiles & Sons., New York (E. U. A.), 1999, t 13, pp. 1042 - 1054.
15. MELNICK, J., *Manual de proyectos de desarrollo económico*. Naciones Unidas, México, 1958.



16. *Directorio de la asociación nacional de la industria química A. C.*, 9ª. ed. s. e., México, 1983.
17. *Guía de desarrollo industrial*. Fidein, Nacional Financiera, México, s. a.
18. *Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, s. a.
19. CAMERON, Donald, “Three simple steps to determine optimum plant capacity”, en *Giro de información científica y humanística*, U. N. A. M., México, s. a.
20. CICERI, Silvenses, Hugo Norberto y Reynaldo González, *Tamaño de planta, sobrediseño y aprendizaje en plantas de proceso; un análisis crítico*. E. N. E. P. Zaragoza, México, s. a.
21. CICERI, Silvenses, Hugo Norberto, *Estudio de casos: El ácido láctico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1985.
22. CICERI, Silvenses, Hugo Norberto, *Programa para el curso: trabajo de investigación I*, 2ª. ed., Facultad de Química, U. N. A. M., México, 2001.
23. CICERI, Silvenses, Hugo Norberto, *Manual para la elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 2005.
24. VARGAS, Tapia, Benjamín, *Control químico en la fabricación de ácido láctico por el procedimiento dialítico*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1939.
25. BADILLA Galindo, Alejandro, *Ácido láctico por fermentación de mieles incristables*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1954.
26. MACIAS, Hernández, Jesús, *Anteproyecto de una planta de ácido láctico*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1972.
27. CORONADO, Vega, Blanca, *Estudio fisicoquímico de la producción de ácido láctico*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1983.
28. TORRES, Barragán, Maria Teresa Pia, *Revisión de los procesos de obtención y purificación del ácido láctico*, Universidad La Salle, México, 1987.
29. LINARES, Hernández, Faustino, *Análisis de un proceso fermentativo para la producción de ácido láctico a partir de sacarosa*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1988.
30. PÁEZ, González, Socorro, *Producción del ácido láctico a partir de un hidrolizado enzimático de papa*, Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1988.



31. MORALES, Ruiz, Laura Diana, *Ecuaciones de comportamiento de un proceso de fermentación de ácido láctico grado USP*, Universidad Simón Bolívar, México, 1992.
32. GONZARA, Andrade, Adela, *Obtención del ácido láctico por fermentación simultanea con aspergusniger y lactobacillus delbrueckii a partir de papa*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1996.
33. FLORES, Pérez, Ana Maria, *Producción del ácido láctico a partir de un sustrato amilaceo utilizando cepa de pozol procedente de Villahermosa, Tabasco*, Facultad de de Química, U. N. A. M., México, 2002.
34. GONZÁLEZ, Ceja, Juan Carlos, *Análisis del impacto de la apertura comercial en México en los proyectos de inversión: el caso de ácido láctico*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 2001.
35. SEURAT, Silver and Georges Hostache, “Technology Transfer at Arzew”, *Hydrocarbon Processing*, (1978), january, 199.
36. YANAK, J. D., “Transfer technology effectively” *Hydrocarbon Processing*, (1978), june, 167.
37. RAUDSEPP, Eugene, “How to evaluate ideas”, *Hydrocarbon Processing*, (1979), february, 149.
38. BARKER, A. J., “Technology transfer in eastern Europe”, *Hydrocarbon Processing*, (1983), october, 124
39. KASNER, Erick, “Break-even analysis evaluates investment alternatives”, *Chemical Engineering*, (1979), february, 117.
40. BOS, Peter G. and Williams, James H. “Cogeneration’s future in the CPI”, *Chemical Engineering*, (1979), february 26, 104.
41. DAUS, Donald G. “What can be patented?”, *Chemical Engineering*, (1982), august 23, 74.
42. RUBIN, Allen G., “Choose process units via present-worth index”, *Chemical Engineering*, (1984), October 15, 129.
43. MOCK, Teresa, “Integrate work processes to cut plant life-cycle costs”, *Chemical Engineering*, (1998), october, 130.
44. GIRAL, Barnes, José, *Manual para desarrollo, transferencia y adaptación de tecnología química apropiada*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1974.
45. GIRAL, B., José y Fernando Nieto, *Guía para la selección negociación y transferencia de tecnología química*. Facultad de Química, U. N. A. M., México, 1977.



46. GIRAL, Barnes, José y Sergio González, *Tecnología apropiada: Selección, negociación, transferencia y adaptación en las industrias química y metalmecánica*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1980.
47. GIRAL, José, Francisco Barnes y Alejandro Ramírez, *Ingeniería de procesos*, 2 ed. Alhambra Mexicana, México, 1979.
48. GIRAL, José, Formato de evaluación de procesos, *Documento interno de trabajo: Programa de desarrollo empresarial*. Instituto de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Iberoamericana, México, 1994.
49. STEWART, F., “Transferencia de tecnología internacional: soluciones y opciones políticas” *World bank staff working*. 334 (1979).
50. DAHLMAN C. J y Larry Westphal, “El significado del dominio tecnológico con relación a la transferencia de tecnología”, *Annals of the american academy of political and social science*, 458 (1981).
51. Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, *Guía para la presentación de proyectos*. Siglo XXI editores, México, 1985.
52. POSSE, Frago, Juan Luis, *Administración de proyectos*. Instituto de Administración Publica del Estado de México, U. A. E. M., México, 2000.
53. BOLTEN, Steven E., *Administración financiera*. Limusa, México, 1981.
54. *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998.
55. DE LA COLINA, Mónica, “Inventores mexicanos: esa rara especie”, *Diario deportivo Record*, Año 1, núm. 493, 14 de septiembre de 2003, 4-A.
56. SÁNCHEZ, Guerrero, Gabriel, *Un marco teórico para la evaluación; cuadernos para la plantación y el desarrollo*, núm. 8. División de Estudios de postgrado, Facultad de Ingeniería, U. N. A. M., México, 1980.
57. OCHOA, Fernando, *Método de los sistemas*, Reporte D-38. División de estudios de postgrado, Facultad de Ingeniería, U. N. A. M., México, 1982.
58. SEURAT, Silvere, *Technology Transfer: A realistic approach*. Gulf publishing company, Texas, USA, 1979.
59. COSS, Bu, Raúl, *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*. 2ª ed. Limusa, México, 1992.
60. TARQUIN, Anthony J. y Leland T. Blank, *Ingeniería económica*. McGraw-Will, México, 1992.



61. MELNICK, Julio M., *Manual de proyectos de desarrollo económico*. Naciones Unidas, México, 1965.
62. STANFORD Research Institute, *Manual of industrial development with special application to Latin America*. Institute of inter-American Affairs, USA, 1954.
63. BOHR, K. A., "Investment criteria for manufacturing industries in underdeveloped countries", *The review of economics and statistics*, 36, 1954, núm. 2, may, 157-166.
64. TANG, Hao, *Jishu jiage qianlun (a brief discussion of the price of technology)*. Jiage lilun yu shijian, Price theory and practice, 1, s.p.i. en *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 101.
65. ROA, B. A., et. al., "Metodología para la determinación del valor de una tecnología", en *III seminario de administración de tecnología de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC)*, Buenos Aires, Argentina, 1989.
66. CASTELLANOS, J. y José Luis Cano, "Criterios para la evaluación de licenciadores oferentes de la ingeniería básica de proyectos industriales" en *simposio sobre transferencia tecnología del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, I. M. I. Q., D. F., México, 1979, octubre, pp. 16-17.
67. SHARIF, M. N. and Sundararajan, V., "A quantitative model for the evaluation of technological alternatives", *Technology Forecasting and Social Change*, 4, 1973, 15-29, en *Evaluación de tecnologías en la industria de refinación del petróleo*. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, México, 1998, p. 95.
68. BLACKMAN, A. W. and Saligman, E. J., "An innovation index based on factor analysis", *Technology Forecasting and Social Change*, 4, 1973, 301-316.
69. RODRÍGUEZ, D. A. y José Luis Solleiro, "Selección y avalúo de tecnologías: Dos elementos básicos para la negociación", en *memorias del simposio de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC)*, Caracas, Venezuela, 1991.
70. LANDIS, Robert L. and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineering*, (1984), October 1, 91.
71. *Fracciones arancelarias y plazos de degravación: Tratado de libre comercio de América del Norte*, 1ª ed., SECOFI, México, 1994.
72. *Chemical Abstracts*, American Chemical Society, Columbus, USA, 1920-1984.
73. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, s. e., México, 2006.
74. *Anuario Estadístico*, Banco Nacional de Comercio Exterior, Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, México, 1999.