

00568
1ej. I



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**MODELO DE INNOVACION TECNOLOGICA DE
PROCESOS INDUSTRIALES**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA QUIMICA**

(Proyectos)

P R E S E N T A:

REGINALDO MONDRAGON SANCHEZ

MEXICO

1986

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

PRESENTACION

"Modelo de Innovación Tecnológica de Procesos Industriales" es una tesis que se propone presentar la metodología que siguen las innovaciones tecnológicas, especialmente las de proceso, y discutir cada una de sus fases de desarrollo desde la identificación de una necesidad social o económica, pasando por el desarrollo tecnológico del proceso encargado de producir el satisfactor correspondiente, hasta la comercialización y difusión de la tecnología involucrada. Además de hacer la presentación y discusión mencionadas, se destacan los problemas potenciales que van surgiendo a lo largo de cada una de las etapas proponiendo las pautas a seguir para su solución.

La innovación es la entronización exitosa de un nuevo proceso, producto o servicio en el mercado, diferenciándose de lo que es una mera invención; por lo anterior, se analizan aquí ciertos aspectos de la mercadotecnia.

El modelo presentado es la aplicación a las industrias química y de proceso de uno mucho más general sugerido originalmente para actividades manufactureras y de servicios.

Los conceptos abarcados en este trabajo contemplan la problemática tecnológica de los países en vía de desarrollo, como el nuestro.

ABSTRACT

"INDUSTRIAL PROCESSES TECHNOLOGICAL INNOVATION MODEL"

"Industrial Processes Technological Innovation Model" is a paper aimed at both introducing the methodology following technological innovation -especially those related to chemical processes- and discussing each phase of their development from identifying an economic or social need, going through the process technological development to yield the desired good, to commercialization and diffusion of the technology involved. In addition to making the introduction and discussion already mentioned, the potential troubles arising during each step are highlighted, suggesting hints to follow for their solution.

Innovation is the successful introduction of a new process, product or service into the market, thus being different from a plain invention, which leads to analyze herein certain aspects of marketing.

The model presented in this paper results from the application to the chemical and process industries of one more general originally proposed for servicing and manufacturing activities.

The subject dealt with herein takes into account the technological framework of the developing countries, like ours.

"MODELO DE INNOVACION TECNOLOGICA DE PROCESOS INDUSTRIALES"

CONTENIDO	PAGINA
1. INTRODUCCION	1
OBJETIVO	1
ALCANCE	1
GENERALIDADES	2
PERSPECTIVAS	6
2.0 MODELOS; INNOVACION E INNOVACION TECNOLOGICA	8
2.1 MODELOS	8
PROPOSITO DE LOS MODELOS	8
MODELOS DE PRONOSTICO	9
LA NATURALEZA DE LOS MODELOS	9
LA VERIFICACION DE LOS MODELOS	10
2.2 INNOVACION	11
2.3 INNOVACION TECNOLOGICA	14
DIVERSOS TIPOS DE INNOVACION	25
EL PROCESO DE APRENDIZAJE	27
EL AMBIENTE FAVORABLE A LA INNOVACION	29
EL IMPACTO DE LA TECNOLOGIA	32
3.0 IDENTIFICACION DE UNA NECESIDAD	34
3.1 DETECCION DEL PROBLEMA	34
3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	35
3.3 LA EXPERIENCIA DE EXXON	37
3.4 ANALISIS DEL MERCADO	38

4.0 DESCRIPCION DE LA IDEA	41
4.1 CONCEPTO DE DISEÑO Y EVALUACION	41
5.0 ANALISIS DEL PROBLEMA	47
5.1 INVESTIGACION, DESARROLLO, EXPERIMENTACION Y CALCULO	47
5.2 ANALISIS DE LA INFORMACION DISPONIBLE	52
6.0 PROPUESTA DE SOLUCIONES	55
7.0 DESARROLLO DE TECNOLOGIA	60
7.1 GENERACION DE TECNOLOGIA DIVERSIFICACION	60 61
7.2 EXPERIMENTACION Y CALCULO A NIVEL DE LABORATORIO	67
7.3 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA ALCANCE NEGOCIACION	68 68 71
8.0 DESARROLLO DEL PROCESO	74
8.1 ESCALACION DE LA PLANTA EL NUMERO DE REYNOLDS PLANTAS PILOTO	76 78 81
8.2 DESARROLLO DE INGENIERIA BASICA SIMULACION DE PROCESOS	86 87
9.0 DESARROLLO DEL PROYECTO	90

9.1 INGENIERIA DE DETALLE	94
9.2 PROCURACION DE EQUIPO Y MATERIALES	94
9.3 LA LEY DE OBRAS PUBLICAS	97
10.0 EJECUCION FISICA DEL PROYECTO. CONSTRUCCION	101
10.1 CONTRATACION	101
10.2 SUPERVISION DE CONSTRUCCION	102
10.3 PLANEACION	104
11.0 INICIO DE PRODUCCION	105
PROBLEMAS Y DIFICULTADES	105
11.1 INSPECCION Y PRUEBAS	109
LIMPIEZA Y LAVADO	114
11.2 PREPARATIVOS FINALES	118
12.0 COMERCIALIZACION Y DIFUSION	124
13.0 RESUMEN	129
14.0 CONCLUSION	133
BIBLIOGRAFIA	142
FE DE ERRATAS	148

ESTE ES SU NUMERO PERSONAL

QUE CONSTA DE CUATRO NUMEROS Y LE SERVIRA PARA HACER
USO DEL SERVICIO DE CAJA PERMANENTE BANAMEX.

5283

FAVOR DE MARCAR LOS CEROS, SI EXISTEN A LA IZQUIERDA.
SUGERIMOS LO MEMORICE Y GUARDE EN LUGAR SEGURO.
CUALQUIER ANOMALIA FAVOR REPORTARLA AL
DEPTO. SERVICIO USUARIOS TEL. 588-79-99

Banco Nacional de México

1. INTRODUCCION

Objetivo

Como se observará más adelante en esta introducción, el proceso innovador es lento, complejo, costoso, multidisciplinario, riesgoso y, hasta donde sabemos, sus diferentes fases se han descrito en la literatura especializada en forma totalmente dispersa. Teniendo en mente lo anterior, así como los problemas inherentes al esfuerzo de desarrollo de muchísimos países del mundo y la situación de subdesarrollo industrial del país, se ha propuesto que esta tesis tenga como objetivo presentar un modelo que refleje el proceso que siguen las innovaciones tecnológicas en general y, además, discutir la metodología de cada una de las etapas de este proceso.

Trata de la conversión de los logros científicos en tecnología a viable, conversión conocida frecuentemente como proceso de innovación. Por tanto, el proceso de innovación es un conjunto de actividades sistemáticas emprendidas con el objeto de crear y comercializar la nueva tecnología.

A lo largo de todas las etapas por las que atraviesa este proceso, desde su inicio hasta su comercialización, se debe juzgar si la innovación será útil, eficiente en costo, atractiva para el cliente, competitiva y rentable. En otras palabras, ¿se venderá?, ¿los costos y riesgos del desarrollo se pueden justificar por la probabilidad de una justa tasa de retorno sobre estos costos más la inversión comercial correspondiente consecuente con los riesgos asumidos?

Alcance

El alcance del presente trabajo comprende la descripción del modelo de innovación tecnológica de los procesos industriales consistente de cada una de las siguientes fases, de acuerdo con la figura 1.2:

- * Identificación de una necesidad,
- * Descripción de la idea,
- * Análisis del problema,
- * Propuesta de soluciones,
- * Desarrollo de tecnología,
- * Desarrollo del proceso,
- * Desarrollo del proyecto,
- * Ejecución física del proyecto,
- * Inicio de producción, y
- * Comercialización y difusión.

Generalidades

Las necesidades que imprescindiblemente hay que satisfacer, incluso para hacer posible las formas más simples de vida, se llaman necesidades vitales, entre las que se encuentran la alimentación, el alojamiento, el vestido, etc. Por otra parte, con el avance de la civilización y paralelamente a ésta, el hombre muestra una tendencia a refinar incesantemente el catálogo de sus deseos, tendencia que encauza la innovación. En consecuencia, a las necesidades vitales se suman además las culturales -como el arte- y, por último, las suntuarias, las que nos hacen desear lo superfluo, lo caprichoso o lo opulento.

El número y variedad de las necesidades humanas son casi infinitos, lo que hace que el problema no resida tanto en las necesidades en sí como en el interrogante sobre el modo y medio mejores para satisfacer todas esas demandas.

A todo aquello que puede satisfacer una necesidad humana se le llama bien, pudiendo ser éste una mercancía, un servicio o un derecho.

Si dispusiésemos de toda clase de bienes en superabundancia, no sería necesario ni trabajar ni economizar. Por lo tanto, la ausencia de esa superabundancia de bienes, es decir, la esca-

sez de bienes, constituye la verdadera base del quehacer económico.

Es muy difícil que precisemos de consideraciones económicas cuando se trata de tomar un baño de sol, pues la luz y el calor del sol, así como el aire, constituyen excepcionalmente dos bienes de los que disponemos en cantidad ilimitada. Por esta razón, y a diferencia de otros bienes económicos que el hombre se obliga a transformar, los llamamos bienes libres. Esos bienes libres o gratuitos nada cuestan, no escasean ni requieren alguna clase de transformación o elaboración, por lo que están de suyo listos para el consumo.

Si esos bienes absolutamente libres, al existir una disponibilidad ilimitada de los mismos, constituyen un extremo en nuestra escala, hallan su polo opuesto en los bienes absolutamente escasos, es decir, imposibles de aumentar, como son el suelo terrestre, los recursos minerales, las obras de arte de alguien ya fallecido, etc. Entre esos dos extremos se mueve propiamente la mayoría de los bienes económicos, los denominados bienes relativamente escasos, los que forman el centro de gravedad de nuestra vida económica.

La vida económica es una actividad que, reconociendo nuestras necesidades y sus satisfactores con todas sus limitaciones, orienta el esfuerzo humano desde los fines hacia los medios según una dirección bien definida. Como la ciencia económica elige entre varias opciones qué destino se ha de dar a los bienes escasos a fin de satisfacer una necesidad, a la economía se la ha definido como la ciencia de la elección.

Y en la búsqueda de nuevos usos y creación de nuevos bienes juega un papel determinante la innovación, como se mostrará en este trabajo.

La innovación comienza con una nueva idea; para las innovaciones técnicas, esta idea se llama *id e a n o v e n c i o n*. Sólo después

de que esta idea se ha desarrollado y puesto exitosamente en el mercado puede considerarse una *innovaci3n*. Por definici3n, no hay innovaciones est3riles; hay much3simas invenciones est3riles.

Las innovaciones importantes pueden representarse por un "ciclo de innovaci3n". Despu3s de un periodo indeterminado de preparaci3n, la idea "luminosa" se concibe, se desarrolla, se materializa y el producto se vende en cantidades crecientes hasta que madura en el mercado. Posteriormente, las ventas declinan. La escala de tiempo puede ser larga -m3s de cien a3os para la l3mpara incandescente- o breve, como el caso de la hula-hula, o los productos de la alta moda.

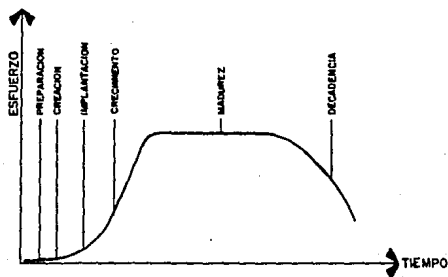


Figura 1.1 El Ciclo de la Innovaci3n

El proceso de innovaci3n, o sea, aquel que incorpora el ciclo completo desde la invenci3n hasta su plena comercializaci3n, es lento.

La administraci3n del proceso de innovaci3n es cr3tica para la administraci3n de tecnolog3a. Para quienes consideran que un plan o pron3stico a 15 a3os es a largo plazo, como algunos economistas o planificadores creen, la lentitud de este proceso lo hace dif3cil de comprender o controlar.

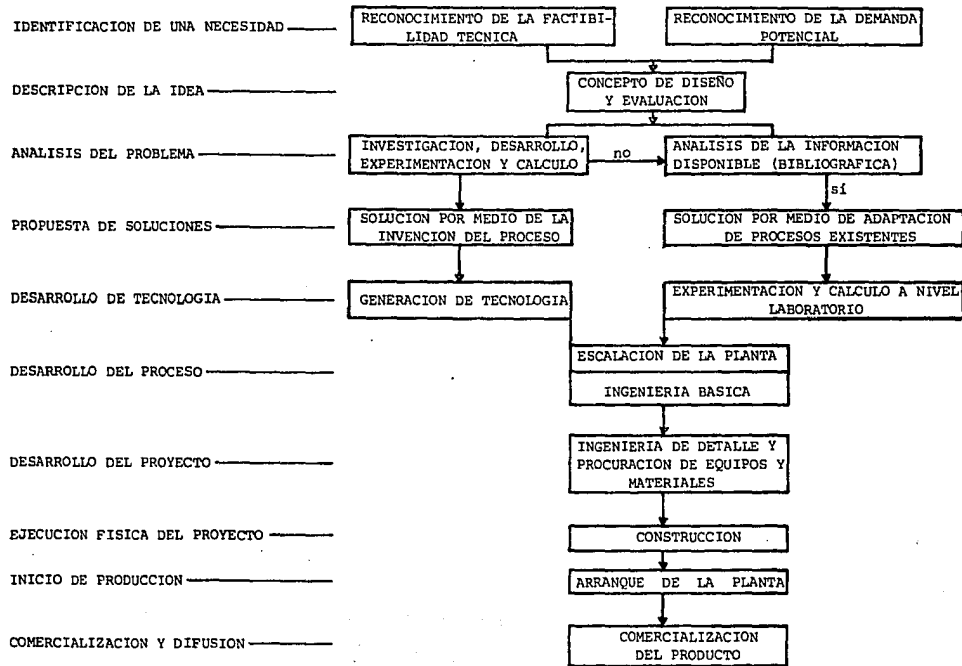


Fig. 1.2 El Modelo del Proceso de Innovación Tecnológica

Perspectivas

Cuando el *Homo Sapiens* apareció sobre la Tierra, más o menos en su forma actual, comenzó la innovación. El hombre primitivo estaba equipado con la misma clase de cerebro que más tarde fue capaz de escribir los *Principia Philosophiae Naturalis* y los *Principia Mathematica*, pero el cerebro estaba casi vacío. Primero tuvo que llegar, en la opinión de V. Gabor*, a la más grande de todas las invenciones: el lenguaje; en seguida, las herramientas, las armas y una organización social primitiva adecuada para la agricultura y la domesticación de animales. Luego, mucho más tarde, vino la escritura.

Al decir de R. H. Jones, en *Mankind and Mother Earth*, el renombrado filósofo de la historia Arnold Toynbee, por otra parte, asegura que la invención más importante del género humano fue la invención de las labores agrícolas y el pastoreo. Cuando el hombre domesticó unas pocas plantas y animales se aseguró un abasto constante de alimentos y fue capaz de emprender el trabajo de crear las civilizaciones.

Lo que ahora llamamos innovación todavía tiene el elemento instintivo que llevó al hombre a producir innovaciones tan maravillosas como el arco y la flecha, o idear estructuras sociales tan complicadas como el totemismo.

La confluencia de técnicas del hombre parece sombría. Mirando al futuro, uno tiene la duda de si el hombre, este animal agresivo, puede alguna vez conducirse a la felicidad. También se tiene la duda de si tal estado, en el que se niega la mayor parte de nuestros valores históricos e instintivos y aún la inteligencia se volverá innecesaria, vale la pena lograrlo. Muchas de nuestras grandes figuras, como Albert Einstein, han llegado a la conclusión de que el *Homo Sapiens* se acerca a su fin.

Pero el instinto que nos ha traído desde el hombre primitivo des-

*Ver Bibliografía, al final.

nudo hasta el hombre contemporáneo nos dice que no debemos ce
der. El hombre ha luchado contra la naturaleza y su propia es
pecie durante unos cien mil años; ahora tendrá que luchar con
tra su propia naturaleza. Este debe ser el propósito a largo
plazo de cualquier innovador de amplias miras de nuestro tiem
po y de los años venideros.

Actualmente hay un terrible desequilibrio en las innovaciones.
Después de muchos siglos, en los que las innovaciones eran ca
si imperceptibles, y después de unos pocos en los que el pro-
greso técnico se identificó con el progreso humano, hemos lle
gado a una etapa en la que la innovación se ha vuelto agresi
va, pero sólo la innovación tecnológica. Muchos intereses cre
ados, aparte de los complejos de la industria bélica, incrus
tados en las industrias de vanguardia y organizaciones de in-
vestigación creen que deben innovar o morir. El viaje del hom
bre a la Luna es el corolario de este desarrollo, un triunfo
de la ciencia aplicada y de una compleja organización coopera
tiva, en una época en que los estadounidenses más críticos ad-
miten lo enfermizo de su sociedad, como en los análisis hechos
por Gregory H. Davis, John K. Galbraith, etc.

2.0 MODELOS, INNOVACION Y INNOVACION TECNOLOGICA

2.1 MODELOS

El concepto de modelo es tan fundamental para la resolución de problemas, que se encuentra presente en todas las etapas, desde la definición del problema hasta su solución. Es un concepto que se caracteriza por su omnipresencia; las palabras y símbolos que usamos, las respuestas registradas por nuestros sentidos son todos modelos. Un modelo es una descripción abstracta y simplificada del mundo real; es una representación de formas, funciones y procesos más complejos de fenómenos físicos o ideas.

Si un modelo es una representación más simple de la realidad, algunos elementos presentes en el problema del mundo real pueden no estar presentes en el modelo. La decisión de incluir, o excluir, un elemento dependerá de su importancia o del énfasis dado en términos de su contribución a la descripción de la forma, proceso o función del mundo real.

PROPOSITO DE LOS MODELOS

Un modelo se construye para facilitar la comprensión y mejorar la capacidad de predicción. Comprendemos una idea o acontecimiento cuando lo identificamos como parte de un contexto más grande en términos de estructura, relación funcional, relación causa-efecto, o una combinación de estas. Existe un enlace definido entre la comprensión y el pronóstico o predicción. Cuando podemos identificar relaciones funcionales o causales entre acontecimientos, entonces podemos construir mejores modelos para pronosticar acontecimientos futuros o causar tales acontecimientos o sucesos a través del control de ciertos elementos relevantes.

Cuando decimos que entendemos el comportamiento hostil de una persona en una ocasión concreta, queremos decir que lo vemos o consideramos como parte de un marco de referencia más grande con relación a la conducta, el que caracteriza a esta persona o a la gente en general. Por otra parte, cuando cierto modo particular de comportamiento parece no seguir una tendencia o modelo que conocemos, y no podemos situarlo en un marco mayor y comprensible para nosotros, podemos decir que no comprendemos el comportamiento en cuestión. Cuando entendemos una palabra, queremos decir que sabemos cómo puede usarse en el contexto con otras palabras, un marco más grande de referencia.

MODELOS DE PRONOSTICO

Los modelos de predicción normalmente incluyen factores considerados como contribuyentes a los resultados de interés. Así, un modelo a pequeña escala de un avión que se coloca en un túnel de viento, para facilitar la predicción de la estabilidad del objeto real en pleno vuelo, incluirá factores tales como la forma de las alas y su flexibilidad, que afectan la estabilidad, pero excluirá la forma de los asientos en detalle, o el color del exterior.

Un mapa es un modelo. Puede usarse para predecir la distancia o el tiempo de viaje entre varios puntos incluidos en el mapa. La cantidad de detalles o nivel de abstracción depende del objetivo. Para encontrar la distancia entre Monterrey-Puebla, podemos usar un mapa en el que cada ciudad esté marcada con un pequeño punto. Sin embargo, una vez en Puebla, este modelo es de poco valor para encontrar Valsequillo.

Para predecir el bienestar económico de una sociedad, en términos de nivel de empleo, nivel de ingreso, etc., se construyen modelos que incluyen factores considerados como relevantes en el sentido de que afectan el comportamiento económico global.

Los modelos pueden, por supuesto, servir ambos propósitos de comprensión y de pronóstico. Conocidos historiadores, por ejemplo, han sugerido modelos de la historia para servir como marcos de referencia en la comprensión del pasado y, al mismo tiempo, mejorar la predicción del curso futuro de la historia. Las concepciones históricas de san Agustín, Vico, Voltaire y Hegel son cuatro visiones que crearon sus correspondientes escuelas.

LA NATURALEZA DE LOS MODELOS

Mientras más abstracto es un modelo, menos detalle contiene y más productivo y útil puede ser. Considérese una gran pantalla de televisor que contenga un enorme número de puntos en varias sombras o tonalidades de gris. Si no identificamos la imagen, algunas veces es posible alejarnos bastante de la pantalla y observar una cara familiar o una imagen que aparece. Esto, por supuesto, puede también obtenerse al proyectar la misma figura sobre una pantalla más pequeña. Lo que sucede en un caso es que ignoramos los detalles a cambio del cuadro global. A medida que la separación entre puntos desaparece (o se vuelve más pequeña), hablamos de una figura más abstracta en términos de agregaciones de puntos de la figura total.

Los modelos evolucionan y cambian al ganarse más conocimientos, dando lugar los modelos viejos a otros nuevos, que son más útiles y productivos en lograr el propósito para el cual se construyeron los primeros.

LA VERIFICACIÓN DE LOS MODELOS

Un modelo no dice toda la verdad. A lo más, está cerca de ésta. Puede tener mucho menos contenido que lo que representa en virtud de una agregación burda o porque se omitieron algunos elementos de la cosa real en el modelo. Lo inadecuado de este modelo se ha denominado error de omisión o error del tipo I. Otra falta de adecuación resulta cuando incluimos en el modelo más contenido que la cosa real; esto es un error de comisión o error del tipo II.

Para reducir el desajuste o falla de adecuación entre el modelo y el mundo real que representa, se manipulan los elementos del modelo y éste se modifica como resultado de las pruebas para su validez. Este proceso de verificación tiene una tendencia recurrente llamada método científico, y consiste de estos tres pasos:

1. Postulación del modelo,
2. Comprobación de la predicción o explicación del modelo contra mediciones u observaciones en el mundo real, y
3. Modificación del modelo como resultado del paso 2 para reducir el desajuste al detectar errores de omisión o de comisión.

Este proceso se muestra esquemáticamente en la figura 2.1 La figura parece su

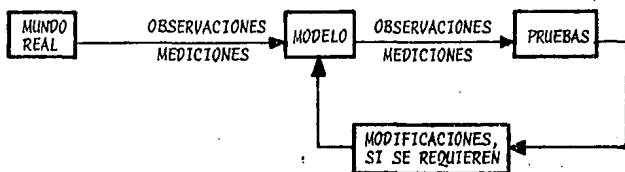


Figura 2.1 El Proceso de Verificación de Modelos

gerir que el proceso nunca termina. En cierto sentido, esto es así, la comprobación continúa siempre. Sin embargo, cuando se apoya continuamente en la evidencia por observaciones y mediciones, y ya no requiere modificaciones, se convier

te en una teoría válida; los postulados del modelo que representan una regularidad observada se transforman luego en leyes.

2.2 INNOVACION

La innovación, en su definición más simple, es la introducción e x i t o s a de algo nuevo, y la introducción exitosa puede ser aún más importante que el hecho de que este "algo" sea realmente nuevo. El progreso técnico se basa en esta clase de innovación.

Una vez se consideró como algo axiomático que más investigación debía conducir a más progreso técnico, ya que las ciencias naturales están en la base de nuestra civilización industrial. Pero ninguna evidencia estadística ni observaciones empíricas sistemáticas apoyan la pretensión de que hay una estrecha relación entre el monto de investigación y la cantidad de innovaciones en una industria. De esta pretensión arranca el concepto de la innovación en cadena, según el cual el proceso de innovación se considera como una cadena de etapas sucesivas desde la investigación básica a los resultados de la investigación, luego al trabajo de desarrollo técnico, a nuevos productos, procesos y métodos y, por tanto, al crecimiento económico.

Este concepto sugiere que los nuevos conocimientos conducen más o menos automáticamente a nuevos productos útiles. Si esto fuera cierto, se debe esperar una íntima dependencia entre el esfuerzo de las actividades de investigación y desarrollo, por un lado, y los resultados de los avances técnicos, por otro. Hay otra razón que parece ignorar el concepto de la innovación en cadena: presupone que la intensidad del desarrollo técnico no depende de la situación económica de una industria ni de sus perspectivas.

De lo anterior, se han deducido dos conclusiones básicas: la investigación y el desarrollo aparecen como una condición muchas veces necesaria, pero en si misma insuficiente, para la invención, la innovación y el crecimiento económico, y las condiciones económicas en una industria y sus perspectivas determinan notablemente las inversiones en actividades de invención y, por tanto, la frecuencia con que ocurren las innovaciones.

En forma más precisa, Thomson ha definido la innovación como la generación, aceptación e implantación de nuevos procesos, productos o servicios por primera vez dentro de una estructura organizacional. Según esta definición, adoptada

por Iyer, el proceso de innovación consiste de las siguientes fases, que pueden traslaparse:

La generación, la primera fase de la innovación, es la producción de ideas para mejorar la eficiencia de una empresa;

La aceptación o aprobación, la segunda fase, es el proceso de evaluar y filtrar las ideas generadas para sugerir lo que debe implantarse, y

La implantación es el proceso de reconfigurar realmente el sistema basándose en las ideas aceptadas.

Las innovaciones alteran la configuración del sistema dentro del cual se implantan.

El mismo personal, grupo o departamento puede estar involucrado en más de una de estas fases, y posiblemente al mismo tiempo.

Una empresa puede controlar el alcance y naturaleza del traslape entre fases. Por ejemplo, la organización puede aislar completamente el departamento de investigación y desarrollo -el que genera las ideas- del departamento de producción -el que implanta las ideas-.

Por otra parte, la organización puede utilizar el mismo personal para la generación así como para la implantación a través de los círculos de control de calidad -una idea que ha sido exitosamente puesta en práctica en compañías japonesas-.

Del modelo de Thomson, muy general, seguimos con uno que tiene en cuenta el flujo de efectivo. En esta descripción esquemática, el proceso de innovación consiste de seis etapas que culminan, por definición, en un flujo positivo de efectivo, según se muestra en la figura 2.2

La tendencia a la racionalización de la técnica y de la economía, dice M. Weber, con el propósito de disminuir los precios con relación a los costos, dió lugar, durante el siglo XVII, a una febril búsqueda de inventos. Todos los inventores de aquel entonces -eran los albores de la Revolución Industrial- trabajaban bajo el signo del abaratamiento de la producción; la idea del movimiento perpetuo como fuente inagotable y gratuita de energía es uno de los muchos exponentes de este fenómeno general. Anteriormente, continúa, los inventores de la era precapitalista trabajaban empíricamente; sus logros llevaban el sello de la

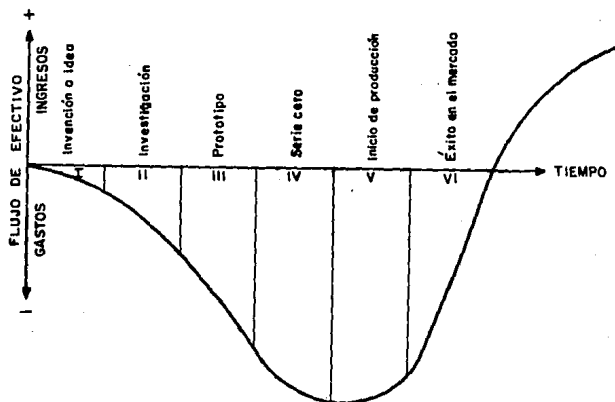


Figura 2.2 El Proceso de Innovación

casualidad.

El incentivo de innovar reside principalmente en las expectativas de la ganancia, y, por otra parte, sólo una empresa con una sólida posición económica puede proveer los medios para un esfuerzo de investigación.

El efecto inicial esperado de la innovación es una reducción del costo total unitario, porque se considera que el precio de los factores es el mismo antes y después de que se haya adoptado la innovación. De hecho, se supone que la reducción anticipada en el costo total unitario es la motivación básica para adoptar la innovación.

Uno de los resultados principales obtenidos de estudios empíricos sobre la innovación es la evidencia innegable de que la actividad innovadora que comienza a partir de una necesidad bien identificada —ya sea social, o del mercado— tiene una probabilidad mayor de éxito que una actividad que arranca de una posibilidad técnica. En pocas palabras, el jalón de la necesidad es con mucho más efectivo que el empuje de la tecnología.

2.3 INNOVACION TECNOLOGICA

Una innovación técnica es una actividad compleja que procede desde la concepción de una idea nueva hasta la solución de un problema y luego al aprovechamiento real de un nuevo bien de valor social o económico. La pauta del cambio tecnológico ha hecho de la innovación un concepto clave en la sociedad de hoy. A cualquier firma, empresa, industria o nación le compete la introducción de procesos y productos nuevos y mejores. A la innovación se le reconoce como un factor que contribuye al crecimiento económico y beneficios sociales, pero es también esencial para sobrevivir en el mundo de la competencia.

La innovación no es una acción sola, sino un proceso total de subprocesos interrelacionados. No es sólo la concepción de una idea nueva ni la invención de un nuevo dispositivo, tampoco el desarrollo de un mercado nuevo. El proceso es todas estas cosas actuando en una forma integrada hacia un objetivo común. La innovación puede llevarse al cabo desde la concepción hasta la implantación dentro de una sola organización, pero más comúnmente se deriva de las contribuciones de otras fuentes en diferente tiempo y lugar.

En un informe del gobierno de los EEUU sobre la innovación tecnológica se sugirió que "... más importante, por tanto, que cualquier recomendación específica ... se hace una propuesta medular: el esfuerzo principal debe hacerse para tener más gerentes, ejecutivos y funcionarios -dentro y fuera del Gobierno- que aprendan, sientan, comprendan y aprecien cómo la innovación tecnológica se engendra, alimenta, financia y se dirige a las nuevas empresas tecnológicas que crecen, crean empleos y satisfacen a la población."

El tema de la innovación se ha tratado por investigadores desde diferentes puntos de vista. Los técnicos e historiadores de la tecnología han trazado la secuencia de pasos en el desarrollo de nuevas áreas del avance técnico. Los psicólogos han estudiado las características personales de los científicos e inventores al buscar comprender al "individuo creativo". Los sociólogos y psicólogos sociales han investigado las condiciones y climas de organización que promueven el trabajo innovador. Los economistas han hecho avances significativos en el estudio de los patrones y consecuencias de la innovación tecnológica, usándose ampliamente el término innovación para describir los aspectos del crecimiento económico y del desarrollo.

Si se considera la innovación tecnológica como la introducción en la economía

de un proceso o producto nuevo o significativamente mejorado a través de la aplicación de la moderna tecnología, entonces la esencia de tal innovación la constituyen el costo y un cambio cualitativo. Los gobiernos y las empresas están gastando considerable energía y recursos en intentos para organizar eficientemente el proceso de innovación y para dirigirlo hacia la obtención de resultados útiles, refiriéndose lo útil a innovaciones que producen los cambios cualitativos que valen lo que cuestan.

La retroalimentación de una etapa del proceso de investigación y desarrollo puede ayudar en la formulación en otras etapas; el aprendizaje debe aparecer de manera que un concepto innovador pueda confirmarse como técnicamente factible y deseado por el consumidor. La naturaleza cualitativa de las innovaciones puramente de proceso permite medirla fácil y cuantitativamente en términos de las reducciones de costo en la entrega de un producto final idéntico. Por el contrario, la naturaleza cualitativa de las innovaciones de producto es mucho más complicada, especialmente porque los objetivos originales de la innovación pueden convertirse en secundarios para otras aplicaciones que se descubran después de que la innovación se haya difundido ampliamente. Por ejemplo, los requerimientos estrictos en cuanto a confiabilidad y seguridad en las aplicaciones de tiempo real de computadoras en el sector bancario fueron difícilmente anticipados cuando se estaban introduciendo las primeras computadoras.

Se ha observado que el crecimiento de las industrias vinculadas a la ciencia, como la aeroespacial, química y electrónica, en los tiempos modernos anuncia un cambio sustancial en el progreso técnico. Es innegable que los días de la organización del tipo artesanal pertenecen al pasado. Hoy, la innovación técnica depende en no pequeña medida de la actividad organizada de la investigación y del desarrollo. Sin embargo, un aspecto fundamental de la innovación se ha mantenido constante: es un proceso de aprendizaje desde los experimentos de ensayo y tanteo. Las pruebas de túnel de viento todavía son la base de muchos adelantos en la tecnología de la aviación, al igual que los experimentos en plantas piloto en el campo de la industria química.

En muchos ejemplos de diseño, las leyes científicas en cuestión pueden ser bien conocidas. Sin embargo, tales leyes tienen validez dentro de ciertas condiciones. Frecuentemente, es imposible saber si estas condiciones se satisfacen de hecho. Como ejemplo, el principio de la conservación de la energía, en otros campos valiosísimo, es de poca utilidad en problemas que implican la conversión

de la masa en energía. Consecuentemente, un diseñador debe recurrir con frecuencia a métodos semiempíricos de modelación y simulación.

En otras palabras, el proceso de diseño es siempre una exploración hacia lo desconocido. Obviamente, su éxito depende de la existencia de un cierto mecanismo selectivo. Hay, por supuesto, muchas fuentes de selección en la resolución de problemas de ingeniería y el conocimiento científico puro es uno de ellos. Sin embargo, la fuente más importante de selección en tal esfuerzo es la experiencia acumulada de naturaleza práctica. Esto arranca del hecho de que los nuevos diseños rara vez se abordan sin una referencia a los manuales de ingeniería que contienen información de experiencia o a programas de computadora que incorporan reglas previamente establecidas. Pero, a pesar del mejor esfuerzo posible hecho en el diseño, un prototipo previo a la producción está plagado muchas veces de defectos. La identificación y remedio de estos defectos están, a su vez, condicionados a la acumulación de experiencia en pruebas y de funcionamiento. En general, la innovación tecnológica depende de la adquisición de conocimientos a través de un proceso sistemáticamente organizado de tanteos. A manera de ejemplo, vale la pena citar la siguiente opinión sobre las innovaciones en la tecnología de la aviación:

La industria de la aviación está ahora más directamente basada en la ciencia que cuando lo estaba antes de que los problemas del vuelo su persónico comenzaran a complicar los cálculos de diseño. Las soluciones que el diseñador encuentre a los problemas planteados por el funcionamiento que él quiere lograr todavía tienen que resultar de su creación, pero los límites dentro de los cuales él puede escoger son más estrechos. Aún así, el grado de empirismo y, por tanto, el margen de error, sigue siendo grande, porque un problema tan elemental como la inexactitud de los ensayos en los túneles de viento continúa plagando la industria, unos sesenta años después de que fue reconocido por primera vez.

Estas consideraciones sugieren lo que puede llamarse una hipótesis de tanteo y selección de la innovación tecnológica. En esencia, el desarrollo de nuevas técnicas involucra muchos esfuerzos de naturaleza fortuita. La experiencia acumulada de tipo práctico es esencial para la convergencia de tal proceso. Esta hipótesis es análoga a la de aprender haciendo.

La segunda hipótesis a considerar es la de que el desarrollo de una tecnología es función de su tamaño. Se acepta que la disponibilidad de nuevas técnicas abre nuevos caminos para el cambio en el tamaño de los equipos. De acuerdo con esto, la innovación tecnológica es una causa de los cambios de escala. Por ejem

plo, el desarrollo del motor de propulsión a chorro hizo posible transportadores más grandes. Sin embargo, lo inverso también es cierto. O sea, los cambios en la escala de equipo existente constituyen una de las causas más importantes de la innovación tecnológica. Por ejemplo, el lecho fluido, una innovación de considerable significado en el caso de las turbinas, se necesitó por un aumento en su tamaño más allá de los límites de esfuerzo del material.

En todo lo anterior, el cambio está implícito. La fuerza de una organización depende de su capacidad para cambiar. Los cambios pueden hacerse obligatorios debido a factores tanto externos como internos de la organización.

Por ejemplo, el consumo de fertilizantes fosfatados ha aumentado con rapidez desde 1950, especialmente en el país. A fines de las décadas de 1950 y 1960, las necesidades crecientes de ácido sulfúrico para la acidulación de las rocas fosfóricas provocaron, como consecuencia, una escasez y un aumento consiguiente del precio del azufre, materia prima del ácido. Esto produjo tres cambios. En primer lugar, se desarrollaron tecnologías para fabricar el ácido a partir de fuentes previamente poco explotadas. The United Sulphuric Acid Corporation Ltd. surgió en 1954, fundada por varias compañías, incluyendo a la ICI, para fabricar ácido sulfúrico a partir de la anhídrita, utilizando procedimientos de la ICI. En segundo lugar, se desarrollaron procesos que utilizan ácidos distintos del sulfúrico para la acidulación de las rocas fosfóricas. En tercer lugar, la recuperación del azufre durante la refinación de derivados del petróleo se estableció sobre bases económicas sólidas, y, finalmente, hizo que se resolviera la escasez de azufre. De este modo, el consumo mayor de fertilizantes fosfatados provocó una secuencia de cambios dentro de la industria química.

Todavía se siguen produciendo cambios. Durante la década de 1960 las ganancias sobre la producción de fertilizantes nitrogenados fueron muy bajas y los fabricantes se mostraron reuentes a invertir en plantas de nitrógeno. En la actualidad hay una escasez enorme de fertilizantes; esto, junto con los cambios perceptibles del clima mundial, ha contribuido a la falta de alimentos y a las hambrunas que ya azotan a varias partes del mundo.

En el último siglo, la búsqueda sistemática de medios para la supervivencia y la expansión industrial y empresarial mediante innovaciones tecnológicas ha sido particularmente importante, tanto para la industria como para la sociedad en su conjunto. Como ejemplos, basta mencionar la cura y prevención de enfermedades infecciosas, los automóviles, el televisor y los polímeros. En la industria, u-

na compañía debe asimilar del exterior las innovaciones tecnológicas y, con frecuencia, iniciar esas innovaciones desde su interior. Lo que no puede hacer si quiere sobrevivir en una economía competitiva es hacer caso omiso de las innovaciones tecnológicas. Si una empresa no busca productos menos costosos o nuevos y con aplicaciones más amplias, es seguro que la competencia lo hará. Una empresa que no innove o no responda a los cambios desaparecerá.

La seda es un buen ejemplo en el contexto de la industria textil. Inicialmente, el modo en que se producía la seda era un secreto bien guardado. Puesto que la seda escaseaba y tenía propiedades muy valiosas, poseía un precio muy elevado. Cuando los chinos perdieron su monopolio -mediante el espionaje industrial-, hubo mayor número de productores locales que intentaron abrirse paso en el mercado y, como consecuencia de ello, el precio del producto bajó. Empero, los gusanos de seda no pueden competir con las economías de escala, características de los procesos petroquímicos modernos. Por tanto, la producción de seda disminuyó y el producto volvió a su posición anterior de artículo escaso.

Los productos que se fabrican en grandes cantidades tienden a abarataarse al aumentar la capacidad de producción. La figura 2.3 muestra el ciclo de vida de un producto. El desarrollo lento pero adecuado de un mercado va seguido por un crecimiento exponencial al reconocerse el valor del producto e instalarse capacidad adicional para satisfacer la demanda. Finalmente esa fase de crecimiento llega a detenerse, ya sea porque el mercado se encuentra saturado, o porque el éxito del

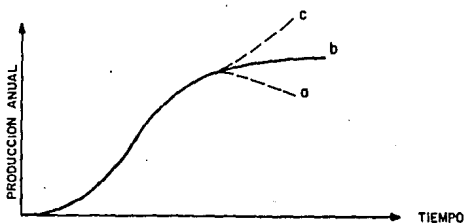


Figura 2.3 El Ciclo de Vida de un Producto

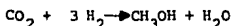
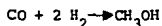
producto ha hecho que ingresen al mercado otros competidores. El hecho de si el producto sigue en el mercado, (b), desaparece, (a), o tiene un mayor crecimiento, (c), depende de las actividades de la competencia y la capacidad del productor original para mejorar su producto y mantener lejos a la competencia, (b), su incapacidad para hacerlo así, (a), o su ingenio para desarrollar nuevos usos

para su producto en nuevos mercados, (c). Este es el objetivo de la investigación y el desarrollo: permitir la supervivencia de la compañía existente y su expansión mediante procedimientos de desarrollo, evaluación de productos, o una innovación más radical, antes de que la competencia ataque.

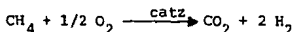
Si para la evolución de un producto se ha desarrollado toda una teoría de un ciclo de vida, para las innovaciones se ha propuesto lo mismo. Estas se desarrollan, se utilizan lucrativamente y finalmente pierden su valor como fuente de ganancias en una de dos formas. Una innovación puede ser superada por algo mejor, o simplemente puede volverse una práctica normal, disponible a todos los competidores al igual que sus beneficios, a través de la competencia. Mientras tanto, sirve como punto de referencia para las innovaciones que vengan después.

El cambio fomenta las innovaciones tecnológicas -los patrones variables de consumo de fertilizantes, por ejemplo-. Por supuesto, el cambio es también el resultado inevitable de una innovación tecnológica. No obstante, la innovación no sólo tiene lugar como respuesta directa a los cambios producidos hacia el exterior de una empresa, sino que también puede iniciarse dentro de ésta o realizarse como respuesta directa a otra innovación. El siguiente ejemplo ilustra los dos puntos:

La ICI desarrolló un proceso de baja presión para la síntesis de metanol, proceso que ya se explota comercialmente y que se inició en Billingham, G. B. El proceso normal funcionaba a una presión de 25 331 a 30 397 kPa (250 a 300 at) y a una temperatura de 300 a 400C, mientras que el nuevo proceso se efectúa a 5 066 kPa (50 at) y de 200 a 300C. En los dos procesos, el metanol se obtiene a partir de gas de síntesis:



En el proceso antiguo, se utilizaba óxido de zinc mezclado con óxido de cromo o cobre como catalizador; sin embargo, en el proceso a baja presión se usa un catalizador con un contenido de cobre extremadamente sensible a las impurezas de azufre del gas de síntesis, el que se obtiene por el proceso de reformación de nafta y vapor de agua:



El desarrollo del catalizador de la ICI para la síntesis de metanol a baja pre-

sión exigió el desarrollo de un proceso de reformatión de nafta y vapor de agua que proporcionaba el gas de síntesis con un contenido muy bajo de azufre. De este modo, una innovación en una empresa condujo directamente a otra.

El ejemplo de los fertilizantes resume el origen de las innovaciones. Se vió cómo la escasez atrae la necesidad y la necesidad fue realmente, aquí, la madre de la inventiva. Un segundo mecanismo incluye a un inventor solitario que puede tener grandes dificultades para convencer a sus contemporáneos que su invento, cuya aplicación puede causar cambios e incontables dificultades, es realmente conveniente.

Pueden distinguirse claramente dos etapas distintas en la innovación. En la etapa de investigación, las innovaciones se descubren, inventan y exploran. Este comienzo de una innovación puede verse estimulado por el cambio, o fomentarse independientemente de cualquier cambio. Luego, las ideas, descubrimientos o inventos pueden aplicarse con alguna intención económica o social específica. La primera etapa es la investigación; la segunda, el desarrollo.

El nombre de un brillante economista contemporáneo, Joseph A. Schumpeter, está asociado a una doctrina económica en la que la innovación juega un papel determinante en el desarrollo económico.

Además de hablar de los salarios y sueldos, del interés y de la renta de los recursos de la naturaleza, los economistas se ocupan con frecuencia de una cuarta categoría de ingresos: el beneficio. Los salarios y sueldos son la retribución al trabajo; el interés, al capital; la renta, a la tierra, y el beneficio -sobre el que los economistas no están todos de acuerdo- se ha definido como una recompensa a la iniciativa y a la innovación.

En la vida real alguien debe actuar de jefe y decidir la manera como ha de gobernarse una empresa. La competencia nunca es de una perfección absoluta. Alguien debe intentar adivinar en el futuro para sacar la conclusión de si se usarán cordones de zapatos, cuál será el precio del trigo, etc. En este mundo que conocemos, siempre hay una oportunidad para quien inventa una máquina que revoluciona la producción, o una nueva bebida agradable al paladar, para lanzar un producto nuevo, o para encontrar la manera de fabricar uno ya conocido pero a un costo más bajo.

A este hombre que hace todas estas cosas se le llama un iniciador o un innovador, y no se le debe confundir con el director o gerente burocrático, que se limitan

a mantener en marcha un negocio ya establecido. Muchos economistas, como Schumpeter, no consideran el beneficio como si fuera lo que corresponde a los sueldos de la dirección. Para ellos, el beneficio es el pago de los innovadores y de los iniciadores.

Hoy resulta esa definición más fácil de comprender que hace 75 años. Estamos familiarizados con las grandes sociedades anónimas dirigidas por individuos que poseen menos del 1% de sus acciones ordinarias. Aunque estos directores son los que llevan el negocio, reciben sueldos, lo mismo que cuantos intervienen en el mismo y son retribuidos en forma de salarios. Una actividad directa de este tipo constituye una habilidad que no es fundamentalmente distinta de otras habilidades, tales como la de llevar los libros de contabilidad, o vigilar el funcionamiento de un proceso de producción. Las personas que poseen esa habilidad son muy solicitadas en el mercado y, lo mismo que cualquier otro factor de la producción, van hacia los empleos que son mejor remunerados.

El innovador es otra cosa. El innovador trata de poner en marcha nuevas actividades y, por definición y a diferencia de un iniciador, lo consigue. Es el hombre del golpe de vista, de originalidad y de audacia. Quizá no sea él quien inventa el nuevo procedimiento, pero es quien lo implanta con éxito. Maxwell desarrolló la teoría científica de las ondas electromagnéticas; Hertz las descubrió experimentalmente, pero fueron Marconi y Sarnoff quienes las hicieron comercialmente útiles. Por otro lado, De Forest, inventor del triodo, intentó así mismo comercializar sus inventos; pero quebró varias veces y en todas ellas defraudó las esperanzas de los inversionistas que habían puesto dinero en sus empresas.

Son muchos los que intentaron, pero pocos los que triunfan. Ciertos economistas, como Schumpeter, definen como beneficio el ingreso ganado por los innovadores. Ordinariamente, estos beneficios son transitorios, y los rivales e imitadores acaban con ellos mediante la competencia. Pero con la desaparición de una fuente de beneficios producidos por las innovaciones viene a nacer otra nueva y sabia innovación, de modo que tales beneficios nunca desaparecen del todo.

El cambio tecnológico es el avance de la tecnología; tal avance toma la forma muchas veces de nuevos métodos de producir productos existentes, nuevos diseños que hacen posible la producción de bienes con sustanciales características nuevas y nuevas técnicas de organización, mercadotecnia y administración.

Schumpeter definió el cambio tecnológico como sinónimo de innovación, explicándolo la en términos de sus efectos sobre los requerimientos de materia prima. "Ahora definiremos más rigurosamente -dice- la innovación por medio de la función producción que describe la forma en la cual la cantidad de factores cambia. Si, en lugar de la cantidad de factores, variamos la forma de la función, tenemos una innovación."

Según este autor, los primeros efectos de las innovaciones son estimular la producción de bienes de capital, lo cual hace que la innovación influya en este sector.

Schumpeter consideró el estado estacionario como un proceso en continua repetición de las mismas cosas en los campos de la producción y del consumo. Es decir, que una vez que la competencia empuja al sistema económico hacia la posición de máximo rendimiento se logra una configuración que se repite infinitas veces en un ciclo siempre idéntico a sí mismo. Esto originó que en el mundo de la producción se estimara que la gestión de la unidad productiva de la empresa se reduce a una gestión rutinaria que produce siempre los mismos tipos y las mismas cantidades de bienes y que combina también en igual forma los factores de la producción.

De acuerdo con este autor, la ruptura del mundo estacionario origina un proceso de desarrollo y, por lo que se refiere al campo de la producción, tal ruptura acontece cuando cambian profundamente los anacrónicos sistemas productivos. El mismo clasifica los cambios, a los genéricamente llama "innovaciones", de la siguiente manera:

1. Introducción de nuevos bienes no familiares para los consumidores, o de una nueva calidad de cierto bien;
2. Introducción de un nuevo método de producción en cierto sector del mercado y que no se deriva totalmente de algún descubrimiento científico y que puede consistir simplemente en una nueva forma de tratar una mercancía;
3. La apertura de un nuevo mercado para una industria determinada cuyos productos no habían tenido acceso al mercado, independientemente de que tal mercado existido anteriormente;
4. La conquista de una nueva fuente de materias primas o de productos semi-acabados, independientemente también de que tal fuente existiera o hubiera sido de nueva creación, y
5. Establecimiento de una nueva organización industrial, como la creación o apertura de un monopolio.

Schumpeter llamó acto empresarial a la introducción de una innovación en el sistema económico, y empresario al autor de tal acto. Según lo anterior, la empresa

y el empresario son inexistentes en el estado estacionario y, en cambio, son significativos en el desarrollo económico. La distinción entre empresario y director de una empresa es fundamental, aunque pueden coexistir en una misma persona u órgano. Al primero correspondería introducir un nuevo proceso para la producción de un bien y al segundo la adquisición de la materia prima necesaria para el proceso productivo.

Con relación a lo anterior, se ha propuesto una teoría de onda larga, según la cual la aparición masiva de innovaciones básicas o principales se considera como la fuerza principal que da lugar a cierto tipo de fluctuaciones económicas. Algunas de estas innovaciones básicas darán lugar a nuevos sectores industriales, los que seguirán su propia infraestructura.

La percepción de la vida económica de una innovación básica o principal como un ciclo de vida de la innovación no es nueva. El ciclo de vida de una innovación principal indica cómo una innovación se desarrolla en el tiempo, medida como la producción resultante de esa innovación.

Se supone que los ciclos de vida toman generalmente la forma de una S, hasta su fase de declinación con tasas de crecimiento gradualmente descendentes. Las interpretaciones y aplicaciones de la forma de crecimiento en forma de S se reducen a dos tipos: las posibilidades limitadas para posteriores mejoras técnicas dado un cierto estado de la tecnología contra las posibilidades limitadas para una futura penetración en el mercado dada una cierta rapidez de penetración. Ambas interpretaciones pueden aplicarse a un ciclo de vida de la innovación. Generalmente los dos aspectos están interrelacionados: las innovaciones que mejoran la reducción de costos pueden aumentar la rapidez de penetración de un producto; la saturación en el mercado será un fuerte incentivo para las mejoras en el producto, tal que una declinación en las ventas puede evitarse o posponerse. La fuerza más grande parece ser el mercado.

Un simple modelo de cuatro fases puede usarse para ilustrar el curso de un ciclo de vida de la innovación. Las diferentes fases se caracterizan por una estructura de demanda y tipo de actividad innovadora.

Introducción: Hay un gran número de innovaciones de producto, ya que existen diferentes opciones tecnológicas y poco se sabe acerca de la naturaleza de la demanda.

Crecimiento: Hay una creciente aceptación por los clientes, con un número decreciente de innovaciones de producto. El crecimiento de las ventas con

duce a una normalización o uniformidad en la tecnología, y hay innovaciones de proceso que reducen los costos.

Madurez: La tasa de producción baja y la competencia a través de la diferenciación de producto aumenta; las innovaciones se orientan hacia las mejoras. Las innovaciones de proceso ahorran mano de obra.

Declinación: Las ventas bajan. Se hacen intentos para escaparse de la saturación a través de cambios en la tecnología, y continúa el uso de las innovaciones de proceso que ahorran mano de obra. Realmente, la fase de declinación debe considerarse como una fase de extremo abierto. La declinación absoluta, que resulta en una sustitución completa, no es más que uno de los cursos posibles de una innovación que sigue a su madurez.

La figura 2.4 representa las diversas formas que adoptan los modelos de ciclos de vida,

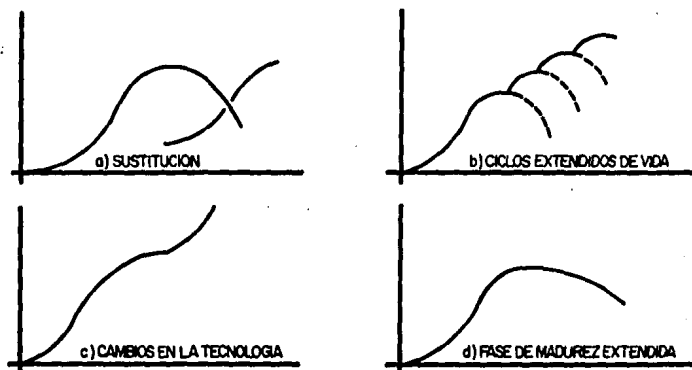


Figura 2.4 Variaciones del Modelo Simple del Ciclo de Vida de las Innovaciones

DIVERSOS TIPOS DE INNOVACION

Jacob J. Van Duijn distingue cuatro tipos de innovación:

- * Principales innovaciones de producto que crean nuevas industrias. A esta categoría pertenecen innovaciones como las de las industrias automovilística, de la aviación, la radio, las fibras sintéticas, los plásticos, la computación, etc. Su introducción dió lugar, con frecuencia, a nuevas empresas que ocasionalmente se convirtieron en una industria, aunque en algunos casos las empresas existentes fueron las responsables de las principales innovaciones, como las de la industria química, con pocas firmas uniéndoseles a aquéllas. Es la clase de innovación representada por los cambios que modifican el carácter completo de una industria. El motor de propulsión a chorro, el sonido estereofónico, la xerografía y el convertidor de oxígeno son ejemplos típicos que han sido indagados y explotados por los investigadores para penetrar en el mecanismo del cambio tecnológico. Estos estudios han puesto en claro que tal innovación es bastante rara e impredecible, y es esencialmente el producto de inventores independientes o de la investigación de firmas externas a la industria directamente por la innovación.

La razón de que, en general, la innovación de este tipo viene de afuera es simplemente que el personal técnico dentro de una industria es apto para preocuparse por intereses a corto plazo. Ven sus problemas fundamentales como de mejoras del producto, reducción de costos, control de calidad, expansión de la línea existente de producción, todos ellos problemas a los que pueden enfrentarse de inmediato a través de su capacidad técnica.

- * Principales innovaciones de producto en industrias existentes. Esta segunda categoría contiene las innovaciones introducidas por las empresas como una respuesta a la saturación del mercado de su línea existente de producción. Para estas firmas, la presión para innovar es fuerte en la fase de madurez, y aún más en la de declinación. La figura 2.4 (b) aplica a estas industrias.
- * Innovaciones de proceso en industrias existentes. Las innovaciones de proceso que mejoran el proceso de producción en industrias existentes constituyen esta categoría. Las innovaciones de proceso serán muy probablemente una respuesta a dos diferentes fuerzas: el aumento de la demanda empuja a la firma a aumentar la productividad del capital y de la mano de obra, y

los costos crecientes presionan a las empresas a reducir sus requerimientos de factores caros de producción (mano de obra, energía, etc.).

- * Innovaciones de proceso en sectores básicos, tales como del acero, o la refinación del petróleo. Aquí, la demanda creciente será un fuerte ímpetu para innovar. Estas innovaciones generalmente ocurren como respuestas a crecimientos de la demanda final.

La tabla 2.1 muestra qué tan fuerte, en términos probabilísticos, es la propensión a innovar durante cada una de las fases de la onda larga del ciclo económico. Las principales innovaciones de producto, las que crean nuevas industrias, son ciertamente posibles durante la fase de depresión. Sin embargo, es mucho más probable que se introduzcan durante la fase de recuperación, cuando una demanda en ascenso para inversiones que tiendan a sustituir el pesimismo de la fase de depresión en una visión más optimista de la economía. Los proyectos que implican riesgos considerables sólo se emprenderán en un clima económico favorable. Las perspectivas son aún mejores durante la fase de prosperidad, aunque la presencia de nuevos sectores en expansión hará que la introducción de innovaciones todavía más radicales sea menos urgente.

TABLA 2.1 La Propensión a Innovar Durante las Fases de Onda Larga

Tipo de Innovación	Depresión	Recuperación	Prosperidad	Recesión
Innovación de Producto (industrias nuevas)	1	4	2	1
Innovación de Producto (industrias existentes)	3	3	1	1
Innovaciones de Proceso (industrias existentes)	3	1	2	2
Innovaciones de Proceso (sectores básicos)	1	2	3	2

En industrias existentes, muy probablemente la mayoría de las innovaciones se introducen durante las fases de depresión y recuperación. Estas industrias pueden responder más rápidamente a un descenso de la onda larga si esta caída coincide con la saturación de la demanda para productos existentes. Una razón para esta respuesta más rápida es que las industrias existentes son más conscientes de las fases del ciclo de vida de sus propios productos; otra, es que cambiar la base

tecnológica de un producto es menos riesgoso cuando continúa sirviendo al mismo mercado (por ejemplo, satisfaciendo la misma necesidad). Tan pronto como la nueva generación de productos (como tocadiscos, discos, etc.) ha ganado aceptación entre el público, la necesidad de más innovaciones radicales del producto disminuye.

Las innovaciones de proceso en industrias existentes se consideran como una reacción a los aumentos de costo y de demanda. Mientras los efectos de las innovaciones son más notorios dentro durante los descensos de ondas largas (a través del crecimiento del desempleo), aquéllas se implantan de la misma manera que durante la expansión de la onda larga.

EL PROCESO DE APRENDIZAJE

El contexto del mundo real en el cual ocurre el aprendizaje técnico es complejo y variable. El aprendizaje se observa en el contexto de la interacción entre dos -o más- sistemas de producción que compiten por sus respectivos intereses en el mercado. En esta competencia, cada sistema de producción puede aumentar el monto de la producción expandiendo la capacidad. El aumento del monto de producción, según se transmite a través de los mecanismos del mercado, afecta la posterior acumulación de capacidad por medio de las utilidades y esa porción de los hábitos de compra del consumidor que se determina por el precio.

A medida que una actividad o tarea específica se repite una y otra vez, se observa que se hace mejor, más rápido y a menor costo. Todo el mundo reconoce esto, pero lo que no es muy evidente es que el patrón o tendencia al mejoramiento es lo suficientemente regular como para ser predecible. Estos patrones de progreso caracterizan no sólo el rendimiento individual, sino también el colectivo que se organiza para emprender una amplia tarea común.

La curva de aprendizaje cuantifica dicho rendimiento. La curva se desarrolló originalmente a partir de la experiencia conseguida en la fabricación de fuselajes para avión, encontrándose que la cantidad de horas-hombre directamente utilizadas en construir un avión disminuía uniformemente al llegar a una gran escala de producción. Esta mejora continua se volvió tan común en la industria de la aviación, que se convirtió en la expectativa normal para la producción masiva de aviones en tiempos de guerra.

La curva de aprendizaje es una relación funcional entre una medida del funcionamiento y una medida de la experiencia. El aprendizaje se formula explícitamente

como una relación entre la producción acumulada y su correspondiente costo unitario de producción, resultando en una expresión como:

$$E_n = K n^s \quad \text{o también}$$

$$L_D = (E_{2n}/E_n) = 2^s \quad \text{donde:}$$

$$s = (\log L_p - 2)/\log 2$$

E_n = cantidad de trabajo directo por unidad de producción, por ejemplo, horas-hombre requeridas para producir la enésima (n) unidad,

K = constante; cantidad de trabajo requerida para producir la primera unidad,

s = pendiente (constante),

L_D = relación decimal de aprendizaje,

L_p = relación porcentual de aprendizaje.

Estas expresiones resumen el hecho de que cada vez que la producción acumulada de un bien se aumenta al doble, se obtiene una reducción, s , de 20%, aproximadamente, en su costo directo, equivalente a una relación de aprendizaje, L_p , de casi 80%.

De acuerdo con este esquema, la producción acumulada se calcula sumando las cifras de producción acumulada, y aquélla puede usarse para guiar los costos de producción a través de la curva de aprendizaje, estableciéndose un circuito de retroalimentación positiva que comenzará a perder fuerza a medida que el proceso de aprendizaje se mueve en las regiones de los rendimientos decrecientes, según la figura 2.5.

El aprendizaje implica por lo menos tres procesos diferentes que ocurren individualmente, o combinados. Primero, los consumidores pueden aprender a gustar del producto, o sea, pueden vencer la ignorancia acerca de su uso, o los prejuicios contra él, o bien pueden simplemente seguir la tendencia de los demás de hacer del nuevo producto un símbolo de posición social. Segundo, la infraestructura de apoyo del producto puede desarrollarse en forma tal que haga más útil el producto; por ejemplo, la expansión de las carreteras pavimentadas hace que los automóviles sean más útiles, y la ampliación de la capacidad de comunicación masiva aumenta el valor que para el consumidor tienen la radio y la televisión.

Tercero, los productores pueden hacer más atractivo el producto, o más accesible por la innovación del producto, la racionalización de los canales de comercialización, o mejoras en la publicidad y en los servicios asociados al producto. Los tres procesos tendrán el efecto de aumentar la tasa a la cual los consumidores transfieren sus compras hacia la nueva tecnología a medida que ésta acumula experiencia.

Otro aspecto importante del proceso de aprendizaje es el que consiste en los cambios en la escala del sistema. Raras veces es posible cambiar significativamente la escala de un sistema sin afectar su forma ni su estructura. Así, la escalación de un objeto es un problema importante de diseño en sí mismo. De lo anterior, un objetivo primordial de la actividad de investigación y desarrollo es determinar la escala adecuada para la nueva tecnología y asegurarse que la alteración de la escala "pegará".

Contrariamente a lo que suele pensarse, los cambios de escala no son meramente un subproducto de la innovación. Más correctamente, las innovaciones se originan durante el curso de cambios exitosos de escala.

EL AMBIENTE FAVORABLE A LA INNOVACION

La concepción corriente del comercio internacional explica la tendencia del comercio de acuerdo a la ventaja comparativa de una nación para la producción basándose en la abundancia relativa de sus recursos, mano de obra y capital. Una ampliación importante de esta teoría a la esfera de los productos recientemente desarrollados interpreta el comercio internacional como basado en la tecnología misma. La teoría también se ha extendido para abarcar el concepto de un ciclo de vida del producto, en el cual la habilidad de una empresa para producir ciertos bienes en varios países cambia con el tiempo.

En las primeras fases, pocas empresas son innovadoras y tienen las técnicas de producción. A medida que se difunde la tecnología y se presenta la imitación, la tendencia del comercio queda más fuertemente afectada por los factores tradicionales que determinan la ventaja comparativa. Por ejemplo, los componentes electrónicos de línea que implican una producción intensiva con mano de obra serán más baratos para los productores y consumidores estadounidenses si se importaran de países donde la mano de obra es más barata que en los EEUU.

Una empresa puede mantener su ventaja comparativa al continuar desarrollando su línea de productos adelantándose a sus competidores. Esto puede ocurrir solamen-

te en la medida que exista una base científica y tecnológica que sustente tal innovación y en tanto se tengan los medios, al menos temporalmente, de sostener las ganancias resultantes de la actividad innovadora. En otras palabras, los productos tendrán periodos de rápido crecimiento y mercado internacional, seguidos de periodos de consolidación.

Una cultura adaptada a la innovación es aquella en la que las desviaciones respecto a las formas tradicionales de hacer y de pensar se toleran, o, mejor todavía, son reconocidas. Un pueblo y una cultura propensos a la innovación se interesan en los bienes materiales y son aptos para la creatividad material. La Reforma Protestante hizo una contribución nueva a esta actitud innovadora, contribución que tiene un alcance mucho más amplio que la aplicación del calvinismo a la ética del capitalismo, como lo expresa M. Weber. No para en las crudas nociones del capitalismo original, sino que se dirige hacia la innovación social (reformas) que pueden necesitarse para hacer útiles al bienestar de la comunidad las empresas privadas. Lo que se necesita es que una parte altamente capaz

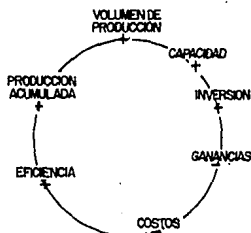


FIGURA 2.5 EL CICLO DEL APRENDIZAJE

de la población tenga una fuerte inclinación a la resolución de problemas en el campo material, y que se desenvuelva bajo un gobierno laico y unas actitudes religiosas que sean favorables a su ejercicio. Una condición inicial es algún exceso de energía arriba de la demanda de una lucha por la mera existencia y recursos de capital que el público quiera arriesgar para abrirse camino. Una condición final es que el trabajo organizado acepte la innovación y coopere en los ajustes necesarios para regular las remuneraciones y el trabajo.

La expresión popular "la necesidad es la madre de la inventiva" ha servido de bandera a una teoría que le atribuye milagrosas virtudes inventivas a la presión demográfica, implicando con esto una teoría ultraoptimista de la necesidad, se-

gún la cual la población creciente crea necesidades y en seguida la invención halla las soluciones.

La historia de las invenciones muestra que éstas responden a un proceso psicológico diferente totalmente. ¿Puede decirse que fue porque una población latente le proponía el problema por lo que B. Pascal inventó la máquina de calcular, o que Galileo concibió sus inventos y Copérnico su cosmogonía, o que Volta, Huygen^s o el inventor del microscopio hicieron sus descubrimientos? ¿Acaso porque la densidad demográfica de Portugal en el siglo XVI lo exigía Vasco de Gama descubrió la ruta de las Indias? Si esto hubiera sido así, hubiera sido más bien cosa de los indios o de los chinos descubrir Portugal.

En materia de relaciones entre densidad demográfica, presión demográfica e inventiva, la realidad es con la mayor frecuencia lo inverso de lo esperado. Esta presión plantea problemas y crea necesidades que se agigantan. Pero, al mismo tiempo, el estado social de un país en donde los niveles de vida y la seguridad económica tienden a deteriorarse está caracterizado por una extrema fragilidad. La menor perturbación expone a que se agrave el problema siempre angustioso de las subsistencias, y, en consecuencia, el mínimo económico vital, y también a que se turbe la "paz" social.

Además, por un instinto muy seguro de su conservación, las clases dirigentes prefieren mostrarse muy conservadoras. Temen que toda innovación venga a comprometer ese muy frágil equilibrio; prefieren no transtornar las tradiciones ni cambiar las costumbres.

Finalmente, la innovación es un proceso que se puede inhibir con sólo seguir las reglas dadas a continuación:

- * Sospeche mal de todas las ideas que surjan desde abajo;
- * Haga que la aprobación actúe casualmente por consentimiento en muchos niveles administrativos (mientras más niveles deban aprobar algo, cuánto mejor);
- * Haga que la identificación de problemas sea el signo del fracaso;
- * Controle todo con extremo cuidado, luego controle los controles y después establezca controles en los controles de los controles;
- * Realice cambios y tome decisiones en secreto y luego anúncielos intempestivamente;
- * Resguarde celosamente la información y trate las peticiones de ésta como sospechosas;
- * Llegado el caso, haga que sean otros quienes implanten sus decisiones en materia de despidos y movilizaciones, y
- * Suponga que la gente de arriba conoce ya todo lo que merezca ser conocido por ella.

EL IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA

Jewkes, Sawers y Stillerman, de acuerdo con un estudio de B. Gold, identifican tres etapas esenciales en la secuencia del proceso innovador: ciencia, invención y desarrollo. La ciencia es vista como algo dirigido hacia el conocimiento, mientras que las otras dos actividades -llamadas tecnología- están encaminadas al uso. Agregan que la magnitud del logro en la ciencia sólo puede juzgarse por otros científicos a diestrados en esas áreas del conocimiento, mientras que el nivel del éxito en la tecnología es juzgado finalmente por el mercado.

La distinción entre innovación y desarrollo es de grado: la invención es la primera confianza de que algo debe funcionar y la primera prueba de que, de hecho, funciona. El desarrollo es una combinación de tres fenómenos. Es la etapa en la cual los métodos técnicos conocidos se aplican a un nuevo problema que ha sido definido por la invención original; es la etapa en la cual el objetivo a alcanzarse se define más precisamente ..., la búsqueda más específica, las probabilidades de éxito final más susceptibles de medición, y la fase en la cual las consideraciones comerciales pueden y deben examinarse más sistemáticamente.

Para ilustrar cómo ha crecido la tecnología basta con darse cuenta del influjo de la electrificación, que ha creado oportunidades para un gran número de innovaciones mecánicas, y la difusión de múltiples innovaciones eléctricas creó una demanda de electricidad. La diversidad de productos creó un nicho para las modernas tecnologías al menudeo, como las cadenas de autoservicio de los supermercados, y los supermercados proveen una mercadotecnia ordenada y eficiente para una gama diversificada de bienes.

Al respecto, Nathan Rosenberg, según lo atestigua Landau, ha destacado que el motor eléctrico representa una innovación tecnológica extraordinariamente versátil que ha hecho posible guardar y entregar energía en formas que han tenido consecuencias de muy largo alcance para el crecimiento de la productividad en las manufacturas y la agricultura. Los motores eléctricos contribuyeron con menos del 5% del total de potencia instalada en las manufacturas de los EEUU en 1899; para 1909, su contribución era del 25%. Diez años después, se elevó al 55%, y para 1919 pasaba del 80%. El aumento súbito en la productividad estadounidense en los años que siguieron a la Primera Guerra Mundial se debió, en gran parte, sin duda, a la rápida difusión de la electrificación de las manufacturas.

La agricultura, por otra parte, es un renglón en el que el Gobierno de los EEUU tiene un interés vital y estratégico, siendo sus logros sorprendentes. Con sólo 4.3

millones de trabajadores en 1979 dedicados a la producción de alimentos, de una población total de 215 millones, se generaron excedentes anuales para exportar el equivalente a la cuarta parte de la producción soviética de alimentos. En la URSS se ocupaban 34 millones de trabajadores de una población de 250 millones, cuyas necesidades se satisfacen a través de crecientes importaciones. El éxito de los EEUU se atribuye a la cantidad cada vez mayor de energía que va a la agricultura, así como a sus enormes sistemas de riego, el uso de fertilizantes y pesticidas, etc.

Las innovaciones han llevado a la extinción de muchas tecnologías viejas, y han dado por resultado una mayor productividad, mayor consumo de energía, demanda creciente de materias primas, flujo acelerado de materiales a través de la economía y cantidades cada vez mayores de metales y otras sustancias en el uso por individuo con toda su secuela de problemas de dependencia política y económica y deterioro ambiental. En la historia del desarrollo industrial, un ejemplo es el barco de acero movido con vapor, que apareció a fines del siglo XVIII, y compitió con el de madera, movido por el viento. A medida que el número de los primeros aumentaba, el de los segundos disminuía, como se ve en la figura 2.6. Para 1890, los tonelajes de ambos modelos de buques ya eran iguales. No mucho des

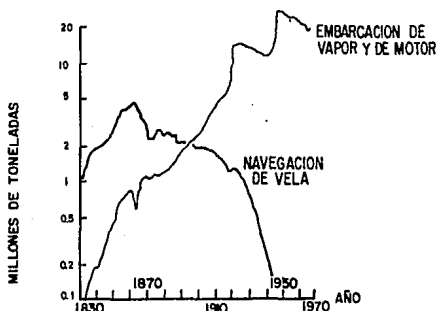


Figura 2.6. Tonelaje de las embarcaciones mercantes de los EEUU

pues el barco de vela quedó fuera de uso como nave mercantil.

Este proceso evolutivo de competencia, en el que una tecnología es causa de extinción de otra más antigua, ha traído muchos beneficios, siendo uno de ellos el tiempo de viaje entre continentes, que se ha reducido considerablemente; también se redujeron los costos de transporte. Ya fue posible alojar cargas mucho más pesadas, pero fue al precio de un consumo mayor de energía por unidad de material transportado. Los costos monetarios bajaron, pero los de la energía subieron.

3.0 IDENTIFICACION DE UNA NECESIDAD

3.1 Detección del Problema

El desarrollo de todo proceso químico se inicia con el planteamiento del problema original en forma vaga y general, por ejemplo, la necesidad de producir un producto, o de la eliminación de una fuente de contaminación. El ingeniero de proceso intervendrá para convertir el problema primitivo en una serie de problemas cada vez más específicos que pueden resolverse mediante el empleo de los conocimientos disponibles. El origen de cualquier proyecto industrial arranca del reconocimiento o identificación de una necesidad y la generación de ideas para su satisfacción.

De manera similar, las innovaciones comienzan con una nueva idea que involucran la factibilidad técnica y demanda correspondientes. En este instante del tiempo, se cuenta con un estado actual o inventario del conocimiento tecnológico, del que el innovador es consciente y en el cual basa su propia estimación de la factibilidad técnica. Simultáneamente con lo anterior, existe un estado actual de aprovechamiento social y económico, en el cual el innovador puede reconocer una demanda existente, o bien potencial.

La conjunción disyuntiva o es aquí singularmente importante porque hay una gran diferencia entre reconocer una demanda existente y reconocer una demanda potencial. Muchas veces se crea una invención para la cual no hay una demanda inmediata. Una empresa puede intentar generar demanda recurriendo a la publicidad, promoción y demostraciones; sin embargo, muchas invenciones se han encontrado adelantadas a su tiempo.

La demanda depende de los juicios que el consumidor tiene acerca del valor de un nuevo bien con relación a su costo. Por ejemplo, los consumidores pueden comprar con más voracidad refrescos de bajas calorías, pero no así cerveza de bajas calorías. Los clientes industriales, por otra parte, tienen que considerar los costos derivados de sustituir un equipo actual, un inventario presente y otras inversiones de capital. Un ejemplo clásico fue la renuencia de los empresarios ferrocarrileros en Estados Unidos a adoptar las locomotoras

de Diesel, desarrolladas y producidas por la General Motors como el reconocimiento a una demanda potencial, pero no garantizada.

La resistencia al cambio provino de que los ferrocarrileros no quisieron sustituir sus locomotoras de vapor aduciendo razones de rentabilidad. Posteriormente, General Motors estimuló la demanda alquilando una de Diesel a un ferrocarrilero para uso de su patio de cambio de trenes, la que finalmente fue comprada para este uso y luego para trenes de carga, cuando la sustitución pareció ventajosa económicamente.

El problema original de la identificación de una necesidad puede comenzar con ésta y con la búsqueda de medios para satisfacerla; o con una sustancia y la búsqueda de sus usos, o usos más amplios para su aplicación. La sustancia pue de haber sido descubierta accidentalmente, mientras se estaba buscando algo más, como en el caso del Nylon. O una sustancia puede sugerir insistentemente cierto uso, pero puede necesitar su análisis y síntesis antes de que se logren aplicaciones importantes, como fue el caso con el desarrollo del hule, a partir del latex, mismo que se convirtió en el principal sostén de la industria, especialmente la del transporte.

3.2 Estudio de Factibilidad

Antes de hacer cualquier trabajo detallado de diseño, deben examinarse los factores técnicos y económicos de un proceso propuesto. Las diferentes reacciones y procesos físicos involucrados deben considerarse, junto con las condiciones del mercado potencial y existente para el producto en particular. Un estudio preliminar de factibilidad de este tipo da una indicación inmediata del éxito probable de un proyecto y también muestra qué información adicional es necesaria para hacer una evaluación completa. La tabla 3.1 es una lista de conceptos que deben considerarse en un estudio de factibilidad.

En esta etapa del proceso innovador se definen los criterios mínimos que estblecen la factibilidad técnica del proyecto, según los conceptos anteriores, estimando el alcance global del esfuerzo requerido para llevar la innovación potencial hasta su puesta en el mercado. Esto provee la base para planear, presupuestar y, de gran importancia, medir el avance del proyecto.

Tabla 3.1 Conceptos importantes en un estudio
de factibilidad

1. Materia prima (disponibilidad, cantidad, calidad, costo);
2. Termodinámica y cinética de las reacciones químicas involucradas (equilibrio, rendimientos, velocidades, condiciones óptimas);
3. Instalaciones y equipo disponibles actualmente y requeridos;
4. Estimación de los costos de producción y de la inversión total;
5. Instalaciones y equipo que deben comprarse;
6. Ganancias (probables y óptimas, por kilogramo de producto y por año, retorno sobre la inversión);
7. Materiales de construcción;
8. Consideraciones de seguridad;
9. Mercados (oferta y demanda presente y futura, usos actuales y nuevos, hábitos actuales de compra, rango de precios para producto y subproductos, naturaleza, localización y número de posibles clientes);
10. Competencia (estadísticas de producción global, comparación de varios procesos de fabricación, especificaciones del producto de los competidores);
11. Propiedades del producto (propiedades físicas y químicas, especificaciones, impurezas, efectos de almacenamiento);
12. Ventas y servicios (métodos de venta y distribución, publicidad requerida, servicios técnicos requeridos);
13. Restricciones de embarque y contenedores;
14. Localización de la planta y
15. Patentes y restricciones legales

La factibilidad económica de una alternativa de inversión consiste en una evaluación de los factores relativos a una toma de decisiones que implique desembolsos de capital o de otros recursos.

Los proyectos cuestan dinero, cuyo gasto generalmente debe justificarse en términos de la recepción de un retorno, o de obtener una ganancia.

La evaluación económica de un proyecto consiste en comparar los recursos y es fuerzo necesarios para llevarlo al cabo con los beneficios potenciales que de ben resultar. Los métodos más comúnmente usados para la evaluación económica son: tasa de retorno sobre la inversión, flujo descontado de efectivo, valor presente, costo capitalizado y tiempo de recuperación.

En las etapas iniciales del desarrollo del proceso, cuando se tiene información bastante preliminar, se recomienda el uso de otros índices, en lugar de los anteriores, como los siguientes: margen de utilidad, índice de rotación de capital, índice de liquidez, índice del aprovechamiento de la capacidad, costo de ingredientes, etc. José Giral B. da una explicación detallada de su empleo.

3.3 La Experiencia de Exxon

En la compañía Exxon Research and Engineering se ha formado un centro de factibilidad de tecnología, cuya función es iniciar el proceso de convertir un descubrimiento científico en una tecnología comercialmente útil, o sea, una que beneficiará finalmente al consumidor y que éste estará dispuesto a pagar por ese beneficio.

Una forma de beneficio es un nuevo producto que hace la vida más cómoda, el que conduce a una baja en los costos de producción, o a la mejora de un producto existente, o contar con operaciones más eficientes en el uso de la energía, que provean más seguridad, o un ambiente más limpio.

Exxon usa un modelo clásico para describir la creación de una innovación tecnológica basada en los nuevos descubrimientos científicos. Incluye cinco pasos. El primero es la dilucidación de los nuevos logros de la ciencia; el

segundo, la concepción de una innovación basada en los descubrimientos científicos y el establecimiento de la factibilidad de la innovación; los otros tres son desarrollo, primera aplicación comercial y, finalmente, difusión y mejora de la tecnología.

3.4 Análisis del mercado

La decisión de iniciar la fabricación de un nuevo producto debe basarse en consideraciones de mercado, además de otras. Las empresas diseñan procesos, con frecuencia, aún pagando regalías de licencia, más que desarrollar los propios, si hay mercado y una perspectiva rentable económicamente. Aquí el problema es encontrar fuentes de tecnología y comparar procesos que se puedan ofrecer bajo licencia.

Los estudios de mercado varían en profundidad desde aproximaciones sobre la producción y consumo totales hasta investigaciones completas. La esencia de un estudio de mercado es un análisis de la oferta y demanda de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \text{OFERTA} &= \text{DEMANDA} \\ \text{CONSUMO APARENTE} &= \text{PRODUCCION} + \text{IMPORTACION} - \text{EXPORTACION} \\ \text{PRODUCCION} + \text{IMPORTACION} &= \text{CONSUMO} + \text{EXPORTACION} \end{aligned}$$

Si se ignoran los cambios de inventario, la oferta total comprende la producción de un período particular, generalmente un año, más las importaciones. Las estadísticas de producción se toman de los censos, informes comerciales, revistas especializadas, o de los informes de las empresas a los socios. En cualquier caso, la oferta global es sólo parte de la información deseada. Un estudio útil más detallado mostrará detalles sobre los principales productos con múltiples plantas, su localización, capacidad y producción. Las importaciones deben detallarse en cuanto al país de origen, puerto de entrada al país, cantidades, valor declarado e impuestos pagados.

En casos en que la producción extranjera es apreciable, la situación arancelaria debe mencionarse. Si es un bien gravable, la probabilidad de una reduc-

TABLA 3.2 ALCANCE PARA UN ESTUDIO DE MERCADO

1. Descripción del producto
 - a) Propiedades físicas y químicas,
 - b) Propiedades biológicas,
 - c) Clasificación de embarque.
2. Especificaciones Normales
 - a) Definición de grados,
 - b) Límites de impurezas y propiedades,
 - c) Empaque.
3. Industrias Consumidoras
 - a) Consumo y valor totales,
 - b) Consumo por uso, áreas geográficas y principales consumidores individuales,
 - c) Exportaciones y
 - d) Consumo potencial a precios actuales para usos actuales.
4. Hábitos de Compra de Industrias Consumidoras
 - a) Contratos y bases de cotización,
 - b) Métodos de venta en uso y canales de distribución,
 - c) Sustitutos posibles y factores que gobiernan la selección,
 - d) Demanda fluctuante y estacional,
 - e) Amplitud o restricción en el mercado y
 - f) Requerimientos de servicio técnico.
5. Producción
 - a) Producción nacional y sus tendencias,
 - b) Producción mundial por países,
 - c) Producción por productores individuales principales,
 - d) Importaciones y
 - e) Existencias.
6. Situación Competitiva
 - a) Competidores principales, localización y capacidad,
 - b) Estructura de precios y factores determinantes,
 - c) Importaciones y dependencia de la industria nacional con respecto a impuestos arancelarios y
 - d) Posibilidad de nuevos procesos.
7. Tarifas de Fletes desde los Centros Principales de Producción hasta los Principales de Consumo
8. Comparación de Procesos de Fabricación
 - a) Materia prima: fuentes, reservas, disponibilidad,
 - b) Combustibles y energía,
 - c) Mano de obra,
 - d) Inversión de capital,
 - e) Rendimientos,
 - f) Costos de producción,
 - g) Productos intermedios,
 - h) Peligros para la salud y
 - i) Problemas de contaminación.
9. Mercado Potencial a Largo Plazo
 - a) Tendencias del consumo,
 - b) Tendencia de los precios y
 - c) Nuevos usos.
10. Situación de las Patentes y otras Restricciones Legales sobre la Fabricación, Venta, Distribución y Usos

ción arancelaria debe ponderarse, así como sus consecuencias.

Regresando ahora al lado de la demanda de las igualdades anteriores, es importante saber quién consume el producto, cuánto es consumido, dónde se consume, para qué usos y los precios pagados.

Después de este balance detallado de la oferta y demanda, un estudio debe indicar las tendencias tecnológica y económica en la industria.

El alcance de un estudio de mercado quedará determinado por las circunstancias. Los estudios más detallados son buenos como una base para orientar a los ejecutivos a hacer inversiones iniciales y expansiones importantes de capacidad, mientras que los más sencillos generalmente son adecuados para planeación e información sobre ventas de rutina.

Una vez que se ha establecido la factibilidad técnica y económica del proceso, R. W. Prugh aconseja proceder a una evaluación preliminar de los riesgos y las precauciones a tomar para que el sistema sea seguro antes de que la magnitud de los daños alcance proporciones peligrosas. El análisis debe comprender la explosividad, inflamabilidad, estabilidad, corrosividad, toxicidad y desecho de los reactivos, productos y subproductos; sobre la reacción, es importante definir los requerimientos de control, dispositivos de disparo, alarmas, válvulas de seguridad, venteos, diques, drenajes, etc. W. M. Deviny propone la consideración de varios métodos de desecho de productos químicos peligrosos.

4.0 DESCRIPCIÓN DE LA IDEA

Dado un problema, la idea para su solución puede venir con el "destello del genio" mencionado por Schumpeter; pero hay más evidencia de la clase de genio que consiste de competencia técnica más trabajo persistente sobre la sucesión de problemas de los cuales se compone el problema original. La clave puede residir en reconocer la ocasión para la aplicación de algún anterior resultado de la investigación básica. O el conocimiento que se necesita puede ser el que sólo la reciente investigación básica puede proveer; en cuyo caso, nadie puede predecir si la respuesta será favorable, o no.

4.1 Concepto de Diseño y Evaluación

Después de la identificación de la necesidad, la siguiente etapa es la formulación o descripción de la idea. Para la innovación, la idea consiste en la fusión de una demanda reconocida y la factibilidad técnica reconocida en un concepto de diseño.

Este es un acto verdaderamente creativo en el que la asociación de ambos elementos es esencial. Si lo que se considera es un avance técnico solo, ello puede o no resultar en una solución, dependiendo de la factibilidad técnica en el estado actual del conocimiento.

El concepto de diseño abarca solamente la identificación y formulación de un problema al que se asignan recursos para trabajar sobre él.

Según Ch. R. Mischke, el diseño es el propósito central de la ingeniería. Comienza con el reconocimiento de una necesidad y la definición de un problema, continúa hasta la concepción de una idea que tiende a satisfacer esta necesidad. Procede con un programa de análisis, dirigido hacia la investigación y desarrollo y conduce a la construcción y evaluación de un prototipo. Concluye con la multiplicación y distribución efectivas de un producto o sistema de manera que la necesidad original puede satisfacerse dondequiera que exista.

El producto usual del esfuerzo de la ingeniería es un servicio, cuya materialización es una plantilla (planos, especificaciones y dibujos) para construir un objeto o para producir o duplicar objetos que satisfagan una necesidad

especificada. Muchos objetos producidos masivamente, tales como los millones de metros cúbicos de detergentes o gasolina, los miles de locomotoras, tractores, radios, los millones de metros de tela o alfombras, o los millones de kilovatios-hora de electricidad son ejemplos de productos "duplicados" a partir de una plantilla de ingeniería.

Las destrezas y conocimientos que necesita un ingeniero para actuar como diseñador son, según el mismo autor:

- Debe ser capaz de reconocer una necesidad. Esta consciencia tiene que armonizarse para aguzar su percepción;
- Debe ser capaz de inventar, concebir, innovar, soñar y anticipar es quemas que sean soluciones a su problema de la necesidad;
- Debe ser capaz de predecir, esto es, anticipar la reacción de la na turaleza a su propuesta sobre cualquier implantación;
- Debe ser capaz de diseñar experimentos y sacar conclusiones;
- Debe ser capaz de probar y evaluar prototipos o modelos;
- Debe ser capaz de delinear completamente su solución mediante planos y especificaciones -plantillas-, de manera que lo complejo funcione como se espera a pesar de los constructores o usuarios;
- Debe entender sobre los recursos de la producción y sistemas de dis tribución; y
- Sobre todo, debe ser intelectualmente honesto en comprender los ele mentos subjetivos de su arte, el impacto de las organizaciones huma^{nas} y el conocimiento, capacidades y gustos humanos sobre su función como ingeniero.

A partir de la observación de diseñadores exitosos en ingeniería, se ha inten tado una morfología o estructura del diseño. Las operaciones básicas llevadas al cabo en el proceso de diseño son como sigue:

Identificación de la Necesidad. Se requiere un análisis de si exis te una necesidad; la mención de una necesidad no está siempre en armonía con los requerimientos del público al que se va a servir.

El ingeniero debe definir la necesidad en términos de requerimientos reales.

Recopilación y Organización de Información. Se consideran todos los factores vinculados al sistema de la necesidad. Cuando se requieran experimentos, éstos deben idearse para obtener datos que, de otra manera, no están disponibles.

Identificación y Establecimiento de las Variables del Sistema. Se deben identificar todos los factores que influyen en el sistema (las llamadas condiciones de frontera). Los sistemas en ingeniería se pueden descomponer en elementos más simples, los que, cuando se describen al nivel adecuado de detalle, y cuando se sintetizan con propiedad, constituirán el diseño del sistema.

Entradas: todos los recursos y otros factores del ambiente que se convierten o modifican por el sistema en cuestión.

Salidas: lo que se produce por el sistema, deseables y no deseables.

Medios de transformación: los que se usan para obtener la relación entre entradas y salidas.

Restricciones: todos los elementos y factores que expresan limitación o necesidad de consideración en el diseño.

Desarrollo de criterios para el diseño óptimo. Son las reglas para juzgar las ventajas correspondientes. Primero se desarrolla un sistema de valores y luego se forma la relación de criterios entre los valores.

Síntesis. Es el proceso de desarrollar sistemas que convierten las entradas en las salidas deseadas. En este paso sólo se satisface el requerimiento de adecuación. Los pasos son: concepción, idealización, predicción y evaluación por criterios de adecuación, factibilidad y acceptación.

Optimización y Suficiencia. La suficiencia significa la satisfacción de la prueba de adecuación, factibilidad y aceptación; la optimización, maximizar la ventaja o valor de acuerdo a una relación de criterios.

Prueba y evaluación. Se prueban y evalúan los prototipos y modelos. Recurrencia. Las operaciones mencionadas se encuentran a lo largo del proceso de diseño; todas, o algunas, son de carácter reiterativo. El ingeniero reexamina continuamente sus decisiones y descubrimientos a la luz de la nueva información.

Después de lograr la fusión del reconocimiento de la demanda con el de la factibilidad en el concepto de diseño, se debe hacer una evaluación de la idea antes de que la empresa pueda decidir comprometer recursos para la siguiente etapa de la resolución del problema. La evaluación será, por supuesto, recurrente a todo lo largo del proceso. Según Myers y Marquis, Schon ha expresado que "... la administración puede juzgar a la inversión - o sea, el juego de decidir dónde apostar lo de uno-. el juego requiere análisis de alternativas de inversión, estimar mercados, costos y factibilidad técnica, y tomar de decisiones sobre inversiones. El juego se juega contra la competencia: El castigo y el premio pueden medirse en dinero. En el proceso, la empresa traduce el lenguaje de invención en el lenguaje de la inversión. En lugar de hablar acerca de los materiales y las propiedades, las operaciones, las experiencias, los experimentos y los fenómenos, la empresa comienza hablando de costos, distribución del mercado, inversiones, flujo de efectivo y tasas de retorno".

El diseño es un proceso creativo por el que se concibe una solución innovadora a un problema. Un diseñador de modas crea prendas que aumentarán al atractivo individual. Un diseñador de automóviles crea un modelo de auto que proveerá transportación y un cierto atractivo al consumidor. El atractivo del auto puede deberse a su potencia, belleza, comodidad, economía, tamaño, manejabilidad, bajo costo de mantenimiento, singularidad, ingenio. Un ingeniero de proceso diseña una planta para producir un producto químico. En cada uno de estos ejemplos se crea una cosa nueva, o una cosa vieja se crea en una forma nueva. El diseño sucede cuando se ha encontrado una respuesta posible a una necesidad presente o futura o a un deseo del público o de la industria. Si se esperara que un producto no satisficiera una necesidad o deseo, no habría razón para producirlo, ni, por tanto, para el diseño. Una empresa no fabricará algo que no puede venderse con una ganancia.

Con frecuencia, una necesidad o deseo pueden satisfacerse con una sustancia que actualmente existe en el mercado, pero se considera que, potencialmente,

un nuevo producto cumplirá mejor cierta función, costará menos, o requerirá menos tiempo y esfuerzo. Los dentífricos producidos antes de 1960 hacían aceptablemente el trabajo de limpieza dental, pero la adición de fluoruro los hizo mejores en cuanto a la prevención de las caries, y aquellas pastas dentales que contenían fluoruro se convirtieron en un éxito comercial. El jugo de naranja podía embarcarse en su forma natural a los mercados del norte de los E.E.U.U., pero el jugo concentrado congelado sólo ocupa un cuarto de volumen y cuesta menos al consumidor.

Los alimentos que se toman en bandeja alrededor del televisor y los cereales listos para el desayuno cuestan más que los mismos alimentos en su estado natural, pero reducen el tiempo gastado en la cocina. Todos estos bienes resultaron de la investigación seguida del diseño.

La mayor parte de las compañías en las industrias de productos para el consumidor se da cuenta de que sus productos y procesos deben cambiar continuamente para poder competir con otros bienes que tratan de sustituirlos. Algunas veces ocurre una sustitución casi completa dentro de un corto tiempo y una empresa puede ser forzada a cerrar sus plantas a menos que se encuentre un uso alternativo para sus productos. Como ejemplo, puede considerarse el caso de las parafinas del petróleo en los E.E.U.U. A fines de la década de 1950 la industria de lácteos de los E.E.U.U. consumió 205,000 toneladas métricas anuales de parafinas para recubrir cartones y tapas para envases de leche. Esto era el 35% de la producción total de parafinas en los E.E.U.U. Para 1966 este mercado cayó casi al 11% de su nivel original (23,300 toneladas métricas anuales) porque el polietileno y otros recubrimientos los había sustituido.

Evaluación e Investigación de Ideas. Los esfuerzos de la investigación y desarrollo exhiben cifras desalentadoras para la estadística, pero la industria química, la investigación y el desarrollo continúan sirviendo como el foco de un gran número de proyectos potenciales.

El siguiente cuestionario marca la pauta para la investigación de nuevas ideas:

Ventas: Panorama a corto y largo plazo. ¿Es la actual organización de ventas capaz de manejar el nuevo producto?

Rentabilidad: ¿Un producto exclusivo o especializado, o de patente dará mayores márgenes de utilidad?

¿Qué tan grande es la suma a invertir antes de poder inciar la producción comercial?

¿Qué tan grande es la tecnología interna y la externa que los socios pueden adquirir?

¿Hasta qué grado el nuevo producto se ajusta a las actuales instalaciones de producción?

¿Es posible comprar una licencia para un producto similar existente?

5.0 ANALISIS DEL PROBLEMA

5.1 Investigación, Desarrollo, Experimentación y Cálculo

La fuerza de una organización depende de su capacidad para cambiar. Los cambios pueden hacerse obligatorios debido a factores tanto internos como externos a la organización.

La investigación y el desarrollo, desde el punto de vista funcional, se ocupan de la iniciación y la aplicación del cambio. Puesto que la fuerza de una organización reside en su capacidad de cambio, los grupos de investigación y desarrollo desempeñan un papel clave en la determinación del futuro de las empresas. Esto resulta especialmente cierto en el caso de corporaciones con base tecnológica.

Sin embargo, los grupos de investigación en la industria no sólo inician las innovaciones, sino que, además, las asimilan. Los grupos de investigación de mercados se mantienen al tanto de los desarrollos de nuevos productos o nuevas demandas de los consumidores. Por consiguiente, estos grupos asimilan las innovaciones del exterior y las transmiten a sus empresas. Así pues, la difusión de las innovaciones es otro aspecto importante de la investigación.

Una razón para llevar al cabo una investigación es evitar un cambio total que destruya el mercado de un producto. Esto puede hacerse mejorando el producto, encontrándole nuevos usos, o reduciendo sus costos al mejorar los métodos de producción.

La investigación también se hace para encontrar nuevas sustancias que satisfagan las necesidades del público y de la industria. Una vez que un nuevo producto se convierte en una buena perspectiva o se descubre un nuevo método para producir un producto existente, se desarrolla un diseño preliminar del proceso correspondiente. A partir de éste, se estima el costo de construcción y de operación de la instalación industrial. Este diseño preliminar se compara luego con todas las alternativas posibles. Sólo si aparece como la mejor de todas las alternativas, si tiene potencial para

producir buenas utilidades y si se dispone de capital, se dará el visto bueno para continuar con la planeación y construcción de la planta.

Ya que el objetivo de una empresa es producir los productos de los que obtendrá la máxima utilidad para sus accionistas, cada una de las fases es importante.

Las compañías químicas más grandes gastan, según Baasel, alrededor del 5% de sus ventas brutas totales en algún tipo de investigación.

Una empresa vende sus productos porque, ya sea que son mejores o bien cuestan menos que un bien competidor. Si una compañía no mantiene su tendencia de reducir sus costos y mejorar la calidad, puede fácilmente perder su mercado.

Muchísimos proyectos, particularmente los que involucran nuevos productos o procesos, se manejan atendiendo a sus implicaciones de investigación y desarrollo, y un gran esfuerzo de investigación y desarrollo se considera esencial para el bienestar económico de una empresa química.

Una clasificación muy generalizada de la investigación se basa en su objetivo final; dentro de esta clasificación, la investigación se considera fundamental o básica, y aplicada. La investigación básica es investigación libre, no comprometida, impulsada por la curiosidad y dirigida principalmente a la extensión de los límites del conocimiento; como ejemplos se puede tratar de un estudio para determinar el efecto de las moléculas de cloro sobre la difusividad de los hidrocarburos, o un estudio de la disolución de esferas individuales en un flujo. La investigación aplicada, por el contrario, es investigación comprometida, impulsada por motivos derivados de una ventaja comercial y dirigida principalmente a la definición tecnológica de un producto con perspectivas comerciales y del desarrollo del proceso para fabricarlo; ejemplos: Una compañía podría buscar un nuevo pesticida agrícola para sustituir el DDT, otra podría ensayar un nuevo método para producir poliestireno.

Los proyectos de desarrollo están vinculados al mejoramiento de los ac-

tales métodos de producción, o a la determinación de la mejor forma de producir un nuevo producto. Pueden incluir desde el diseño de un nuevo sistema de recuperación de desechos hasta estudiar la factibilidad de sustituir los controles convencionales en una planta existente por un control digital directo.

En el medio industrial, la investigación también puede clasificarse en defensiva y ofensiva. Esta clasificación coincide con los objetivos de los nuevos proyectos industriales: La investigación defensiva apoya los productos y procesos existentes, mientras que la investigación ofensiva está dirigida hacia el desarrollo de nuevos procesos y productos.

El desarrollo engloba las actividades concernientes a la escalación de modelos de laboratorio en plantas de tamaño comercial, la búsqueda de nuevos y mejores materiales, y la búsqueda de nuevos equipos y máquinas capaces de funcionar bajo tolerancias, presiones y temperaturas más grandes y de procesar nuevas formas.

Ames identifica cuatro actividades secuenciales proveyendo cada una de las etapas a la siguiente: La investigación básica, el trabajo inventivo, el trabajo de desarrollo y la innovación. La investigación básica desemboca en el estado actual del conocimiento y emplea científicos y otros ingredientes para desarrollar hipótesis, teorías y trabajos de investigación, formando todo esto los nuevos postulados acerca del mundo natural. El trabajo inventivo usa los mismos ingredientes que la investigación básica, además de la producción de investigación básica para dar "un flujo de prototipos de artículos que nunca antes se habían hecho o de procesos que nunca antes se habían usado". El trabajo de desarrollo se define para emplear invenciones en unión de ingenieros, dibujantes, materiales, energía y otros para convertir un conjunto de instrucciones -planos, diagramas, etc.- necesarias para construir plantas con nuevas características de valor comercial. Finalmente, la etapa de innovación utiliza el conjunto de instrucciones para transformar los recursos de una firma ordinaria de construcción en una nueva clase de planta. Esta etapa es comercial en el sentido de que aparecen nuevos precios y nuevas transacciones tienen lugar, según lo refiere Gold.

Las innovaciones potenciales se promueven asignando personal creativo y experimentado para trabajar estrechamente con científicos. Cuando se identifica una innovación prometedora, se hace una investigación adicional para establecer su factibilidad.

Una vez que se ha concebido una innovación potencial, con frecuencia existe la tendencia a iniciar inmediatamente un programa experimental. Esto es natural; la gente involucrada es técnica, y goza haciendo trabajo técnico. Y qué podría ser más excitante que un programa experimental para probar un concepto nuevo. La experiencia ha enseñado, sin embargo, que existen otras implicaciones significativas en los descubrimientos que pueden proponerse en base a hipótesis y evaluarse sobre el papel con uno o dos experimentos críticos, antes de lanzar un extenso programa experimental. Es extremadamente importante evitar la asignación prematura de recursos a la tecnología que, aunque sea técnicamente sólida, puede tener una baja probabilidad de éxito comercial.

Las inversiones de capital que involucran instalaciones de producción pueden evaluarse usando ciertos criterios bien definidos de rentabilidad; estos criterios pueden usarse después para derivar reglas generales que indican cuánto gasto en investigación y desarrollo debe generar, y el ideal puede compararse con el ejercido realmente. Estas reglas, publicadas por Valle-Riestra, son:

- Un dólar gastado en investigación y desarrollo debe producir 2.5 dólares de inversión en nueva producción, o
- Un dólar gastado en servicio técnico y desarrollo debe resultar en ventas crecientes de un dólar por año durante 10 años del producto existente.

Otra medida de la eficacia de la investigación es la tasa de mortalidad de las ideas nuevas. Las estadísticas al respecto se resumen en la tabla 5.1. La alta tasa de mortalidad de los proyectos de investigación -sólo uno de cada ocho proyectos en la etapa de desarrollo intensivo alcanza el éxito comercial- es la responsable de los altos costos de investigación, y el proyecto de éxito debe soportar el costo del fracaso de la investigación. Se

requieren más de seis años en promedio para llevar un producto a su realización comercial, y se sabe de períodos de 15 años para su desarrollo.

TABLA 5.1 LA TASA DE MORTALIDAD DE LAS
IDEAS DE INVESTIGACION

PARA OBTENER UN NUEVO PRODUCTO DE EXITO:

Se consideran	540 ideas a nivel de investigación
Se depuran y eliminan	440
Se seleccionan	92 para investigación preliminar en laboratorio
	8 son suficientemente prometedoras para desarrollo posterior
Se descartan	7 por no ser rentables ni de atractivo comercial
Sobrevive	1 y se coloca en el mercado para su producción

Promedio de 6 años y 2 meses desde la investigación original hasta la producción a escala comercial.

Una vez que el grupo de investigación ha desarrollado un nuevo proceso, se procede a estimar el costo de la planta propuesta y los costos de producción de los competidores. El proceso propuesto deberá desecharse a menos que tenga una ventaja económica sobre el proceso actual.

En esta etapa, el ingeniero de proceso debe diseñar la planta para el proceso actual basado solamente en información publicada. Después que ha completado su estudio, nadie llevará al cabo experimentos para verificar sus suposiciones, ya que la empresa no planea usar ese proceso.

Con lo anterior en mente, el ingeniero de proceso comienza reuniendo toda la información posible acerca del proceso o recurriendo, si es necesario, con personal de investigación, desarrollo, ingeniería y producción. Lee toda la literatura disponible y registra cualquier cosa que pueda ser de valor en el futuro. Mientras hace esto, elabora una hoja de datos para cada una de las sustancias que se manejarán incluyendo toda la información física y química que pueda encontrar. Durante el proceso de diseño, necesitará calcular coeficientes de transferencia de masa y calor, flujos, eficiencias, etc. y se ahorrará mucho tiempo y dinero con tener esta información a la mano. Ya que esta información es general, muchas compañías la archivan para consulta futura.

Familiarizarse íntimamente con un proceso toma tiempo. Para un ingeniero de proceso, esto puede llevarse dos semanas o más, dependiendo de la complejidad del sistema y de la experiencia. Es un período para asimilar y clasificar una gran cantidad de información acumulada.

El objetivo inicial de un estudio preliminar del proceso es obtener una evaluación económica del proceso con el mínimo gasto de dinero y tiempo. En esta etapa, se determina toda la información necesaria para obtener un estimado razonablemente exacto del costo para construir y operar la planta.

Después de haber concluido exitosamente la investigación, desarrollo y experimentación, se ha llegado a la solución del problema mediante la invención de un nuevo proceso.

5.2 ANALISIS DE LA INFORMACION DISPONIBLE

Después de haberse definido conceptualmente el diseño, en la fase correspondiente a la descripción de la idea, se requiere hacer un análisis de la información disponible sobre el proyecto de innovación en particular, análisis que puede conducir, si la información es insuficiente, a un trabajo de investigación, desarrollo y experimentación.

Consultar la bibliografía especializada existente permite conocer el estado actual del problema, con un atraso mínimo de meses; se sabrá qué es lo que se ha hecho, cómo se ha realizado y, algo muy importante, permite precisar la originalidad de la investigación, si llena un hueco, o si abre un nuevo campo. Para facilitar el trabajo de investigación bibliográfica, existen publicaciones que contienen resúmenes de artículos que aparecen en cientos de revistas, ejemplos de las primeras: Physics Abstract, Chemical Abstracts, etc. El servicio SECOBI, por otra parte, hace uso de computadoras para obtener información bibliográfica existente sobre un tema específico publicado desde varios años atrás.

Considerando que el objetivo específico de un proceso es transformar la materia en producto mediante reacciones químicas y conversiones físicas, se requiere contar con la información apropiada que permita efectuar el diseño de dicho proceso. La información debe abarcar los siguientes conceptos básicos: productos, materias primas, datos químicos y físicos básicos, balances de materia y energía, materiales de construcción y localización de la planta.

La función principal de este análisis es evaluar las reacciones alternativas en términos de cinco elementos principales:

- * Costo y especificaciones de la materia prima
- * Mecanismo de la reacción: velocidad, equilibrio, reacciones secundarias, subproductos, etc.
- * Secuencia de separación
- * Rendimiento y costo aproximado para distintas alternativas de especificaciones del producto
- * Descripción aproximada de las instalaciones requeridas

El documento resultante de lo anterior debe presentar suficiente información para evaluar lo siguiente: costos fijos y variables, volumen de producción e inversión total necesaria.

Si el análisis precedente condujo a la obtención de toda la información

requerida, la solución al problema analizado consiste en la adaptación de un proceso existente.

Peters y Timmerhaus (cap. 2), Vian Ortuño, Baasel, y Giral, Barnés y Ramírez dan una extensa lista bibliográfica sobre diseño de procesos.

6.0 PROPUESTA DE SOLUCIONES

Durante la etapa de la descripción de la idea, precisamente al mencionar lo relativo a la conceptualización del proyecto o del diseño conceptual, se destacó que aquí se trata solamente de identificar y formular un problema al que vale la pena asignar recursos.

La que sigue del análisis del problema es la etapa de su resolución, o sea, la implantación del proyecto. En algunos casos la información necesaria para su resolución está al alcance fácilmente y forma parte del estado actual del conocimiento; en otros, se requiere una intensa actividad de investigación, desarrollo e inventiva durante la cual surgen generalmente los problemas no anticipados, teniéndose que ponderar nuevas soluciones y alternativas. Y, en muchos casos, los obstáculos se vuelven tan grandes que no se puede encontrar una solución. Muchos proyectos se abandonan, o deben darse por terminados, antes de llegarse al fin originalmente previsto.

Si la actividad de resolución del problema termina en un éxito, se encuentra la solución con frecuencia bajo la forma de una invención y este conocimiento pasa a integrar el acervo técnico de la sociedad una vez que tal logro del conocimiento se protege mediante patentes. Como alternativa, el problema puede resolverse por la adopción de una invención. En este caso, el cambio técnico producido es, simplemente, una innovación por adopción o, en términos de Schmoekler, por imitación.

El tener identificada la tecnología de un proyecto definido, según las características de aquella, permite definir las tendencias tecnológicas del sector analizado y promover los recursos necesarios para que la adquisición de la tecnología se haga siguiendo un procedimiento adecuado. Los caminos para obtener tecnología son: compra, adaptación e invención, mismos que se analizan aquí y en los capítulos 7 y 8, más adelante. La solución mediante la invención del proceso es el paso que resulta de seguir en una empresa el correspondiente al de investigación, desarrollo, experimentación y cálculo, actividades que culminan en la etapa del proceso de innovación llamada de generación de tecnología.

Cuando se decide sobre la implantación de un proyecto industrial, surgen, a

nivel de los intereses del país, dos alternativas siguientes: desarrollar una tecnología nacional que satisfaga la necesidad de tal o cual producto, o importar la tecnología requerida.

Para un proyecto específico, se deberán evaluar cuidadosamente las ventajas y desventajas implicadas en ambas alternativas de acuerdo con las condiciones prevalecientes a fin de tener la decisión más acertada.

Por ejemplo, cuando se trata de la creación de una industria nueva o de la producción de un nuevo producto, sin antecedentes en el país, se antoja que la compra de tecnología represente ventajas de costo, tiempo y riesgo con relación al desarrollo o generación de tecnología propia limitándose la resolución del problema a su adquisición y modificación; en la medida que se requiera para las condiciones locales y de escala, ejerciendo un atinado poder negociador.

Por otra parte, cuando se trata de plantas nuevas de industria existente, o de ampliaciones a plantas existentes, o de la fabricación de productos con antecedentes en el país, se antoja pensar que existen bases suficientes para aplicar una tecnología nacional que pueda factiblemente afinarse y en un tiempo y costo razonables. Este segundo caso es el que ofrece posibilidades de desarrollar la tecnología nacional, lo cual requiere que los mejores logros y esfuerzos se coordinen y concentren sobre las industrias locales tradicionales del país, sin descuidar los esfuerzos que deban dirigirse al desarrollo de tecnología para industrias completamente nuevas, sin antecedentes locales, pero a cuyo desarrollo obligan los recursos naturales y necesidades propias. Es pertinente señalar que bajo las condiciones actuales de los países en desarrollo, la actitud saludable será equilibrar la importación de tecnología y desarrollo de la nacional aspirando, en el caso de su importación, a adquirir la mínima necesaria para fomentar la creación y desarrollo de las bases que desemboquen posteriormente en aportaciones tecnológicas.

Para un inteligente desarrollo de la tecnología nacional deben fijarse metas que consideren las necesidades y recursos disponibles y aprovechen el potencial de los centros de investigación, así como la experiencia de las plantas

industriales, firmas de ingeniería y construcción y fabricantes de bienes de capital.

Del análisis de la información bibliográfica disponible se debió llegar a identificar las patentes relativas a la producción del producto que satisfaga la necesidad identificada originalmente.

Esta etapa consiste en buscar exhaustivamente en la literatura especializada las patentes que se han registrado en E. E. U. U., Europa y Japón, principalmente. Las patentes de interés se analizan descartando las menos ventajosas desde el punto de vista del origen y costo de las materias primas, los rendimientos del proceso, el monto de la inversión requerida, los costos de operación, el tipo de proceso (continuo, o intermitente), la sensibilidad a la escala de producción y a la carga, la severidad de las condiciones del proceso, el impacto ecológico sobre el medio, la posibilidad de integración con respecto a plantas existentes, disponibilidad de la tecnología (costo, etapa de desarrollo, patentes registradas en el país).

Una vez seleccionado el proceso a partir del análisis de las patentes disponibles, se procede a identificar las posibles mejoras que se le puedan introducir de acuerdo a las limitaciones impuestas, las que pueden ser sustitución de materias primas, simplificación de las etapas del proceso o de la cantidad de equipos, modificación del tipo de proceso, flexibilidad en las especificaciones del producto, etc.

La tabla 6 resume las diferencias más importantes que deben tomarse en cuenta al ponderar el potencial de adaptación de una tecnología extranjera.

En cuanto a los fracasos típicos en la adaptación de tecnologías, Giral B. y otros presentan un análisis de experiencias de transferencia y adaptación de tecnología, mostrando una tendencia tal a la repetición de errores que enumeran los más frecuentes.

Con base en la información de la patente y en las mejoras propuestas, se procede a la fase de experimentación y cálculo a nivel de laboratorio.

TABLA 6 DIFERENCIAS BASICAS A CONSIDERAR AL ADAPTAR
TECNOLOGIA DE UN PAIS A OTRO

DIFERENCIA	FACTORES QUE CONTRIBUYEN
Capacidad de Producción	<ul style="list-style-type: none"> . Tamaño del mercado . Política de importación y exportación . Demanda futura
Materias Primas	<ul style="list-style-type: none"> . Especificaciones: pureza . Disponibilidad: costos, reservas, alternativas . Origen: nacional, local; de importación . Posibilidades de sustitución de importaciones
Producto	<ul style="list-style-type: none"> . Calidad mínima adecuada
Subproductos	<ul style="list-style-type: none"> . Mercado para subproductos . Precio de venta . Pureza
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> . Disponibilidad: fuentes, costos . Requerimientos
Equipo y sus Materiales de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> . Disponibilidad local del equipo . Costo . Materiales especiales
Condiciones Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> . Presión atmosférica . Velocidad del viento . Temperatura . Precipitación pluvial . Nieve
Mano de Obra	<ul style="list-style-type: none"> . Disponibilidad . Calidad
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> . Rendimiento . Condiciones de operación
Legislación e Incentivos	<ul style="list-style-type: none"> . Política de importaciones y exportaciones . Impuestos . Leyes laborales . Plausibilidad . Legislación ambiental

La solución mediante la invención del proceso abarca el diseño mismo del proceso abarca el diseño mismo del proceso, diseño que se ha descrito como una sucesión de procesos alternados de síntesis y análisis.

El análisis comprende generalmente el cálculo de los productos de un proceso conocido dadas las materias primas y las condiciones de operación, mientras que la síntesis es la concepción de un proceso que transforme las materias primas disponibles en los productos deseados, comprendiendo, por tanto, la conjunción de las operaciones y procesos unitarios requeridos para que el proceso tenga lugar.

Los pasos alternos de síntesis y análisis implican, primero, concebir un proceso, después, evaluar sus posibilidades y sus requerimientos de costos; usando esta información y con nuevas ideas que lo mejoren, se genera un nuevo proceso, y así sucesivamente. La complejidad del problema de síntesis de procesos a menudo lleva al empleo de la heurística, que consiste en una serie de principios generales que permiten reducir de una manera considerable el número de alternativas que se va a explotar. No puede probarse, sin embargo, que una regla heurística conduzca necesariamente a la solución óptima: La eficiencia que proporciona a la investigación debe balancearse contra su supuesta posibilidad de llevarnos al diseño óptimo o casi óptimo. Otras reglas usadas son la evolutiva y la algorítmica.

Estos pasos del diseño del proceso se subdividen en:

- . Selección de la reacción química o de la tecnología básica,
- . Asignación de las especies químicas,
- . Diseño de la secuencia de separación,
- . Selección y diseño del equipo de mezclado y de la transformación física,
- . Diseño del sistema de intercambio de energía, y
- . Diseño del sistema de almacenamiento y del control del proceso.

7.0 DESARROLLO DE TECNOLOGIA

7.1 GENERACION DE TECNOLOGIA

Cuando se considera la situación de varias industrias con relación a las necesidades de nueva tecnología y nuevos productos y de su dependencia de la investigación y desarrollo propios, surge la cuestión de si hay algún denominador común que represente las grandes diferencias en estructuras y objetivos de las empresas. Lo que hay de común es la necesidad y el valor de la propia investigación contra la adquisición de tecnología o de investigación de terceros.

Hay tres elementos principales en el proceso innovador de la firma industrial: la investigación propia, el desarrollo del producto o del proceso como resultado de aquélla, y la adquisición de resultados tecnológicos o de investigación de terceros como una consecuencia de la transferencia de tecnología. La transferencia de tecnología se describe como la generación o uso de información científica o tecnológica y su reevaluación o implantación.

Mientras que la investigación y desarrollo "normales" dan énfasis al trabajo creativo de laboratorio, la transferencia de tecnología se enfoca al aprovechamiento o explotación de la investigación previa.

Los incentivos y limitaciones para lograr la innovación a través de los tres elementos mencionados se ilustran en la figura 7.1, que muestra cualitativamente lo que sucede a una compañía que desea entrar a nuevas y diversas actividades, o sea, el retorno alcanzado por diversificación en por ciento del total de una compañía suponiendo que al principio la empresa ha diversificado casi 2.5% de su retorno.

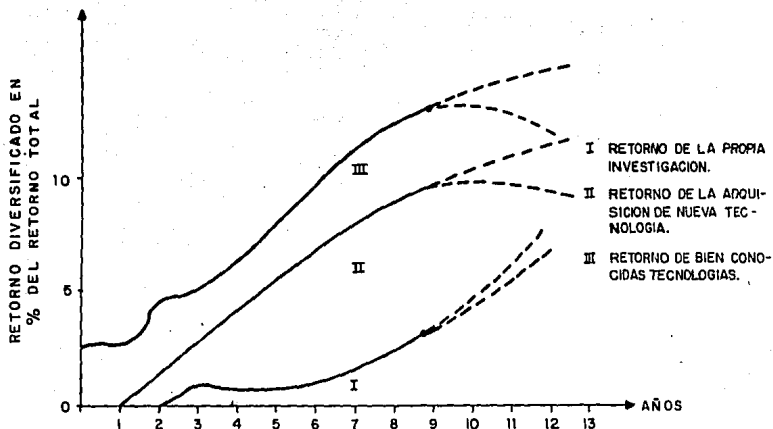


FIGURA 7.1 LOGRO DE NUEVOS RETORNOS POR AÑOS

DIVERSIFICACION

La descripción esquemática de lo que ocurre en los siguientes diez años en las tres zonas es como sigue: la zona I ilustra el retorno que resulta de la propia investigación, que la compañía inició en el primer año con el propósito de diversificación. Después de 2 ó 3 años se puede esperar una pequeña influencia sobre el retorno, ya que es bien sabido que se requieren de unos 7 a 10 años para que resulte un impacto real de la investigación como retorno. La zona II corresponde a la adquisición de tecnología, y se supone que esto lleva a la compañía más rápidamente a la diversificación que su propia investigación y desarrollo. La zona III pertenece al retorno de la inversión basado en tecnología bien conocida. Varias diferencias notables se pueden notar: la zona II indica que se requiere un cierto esfuerzo de investigación antes de que se pueda invertir y que un retorno se logre, mientras que en la III no se requiere. Lo anterior se resume en la tabla 7.1.

TABLA 7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE INVESTIGAR
 Y COMPRAR TECNOLOGIA
 (DE ACUERDO A FIGURA 7.1)

ZONA	IDENTIFICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
I	Una compañía esperará más tiempo para obtener retornos por desarrollar su propia tecnología. Con el tiempo, aquéllos serán relativamente bajos.	Obtención de conocimientos básicos propios para inversiones futuras. Adiestramiento de especialistas; también para zona II.	Gastos por 6 a 10 años para investigación y desarrollo hasta que los retornos sean grandes. Alto riesgo.
II	La compañía adquiere nuevas tecnologías. Los resultados de la diversificación llegan más pronto que con sus propios esfuerzos de investigación, en la que tendrá que gastar algo.	Asignación de recursos sólo después de calcularse el riesgo, rápida disponibilidad de nueva tecnología con pocos gastos en investigación y desarrollo.	Pago de regalías, etc. Dificultades para investigar en objetivos deseados.
III	La compañía obtiene retornos rápidamente a partir de inversiones hechas en tecnologías bien conocidas, en las que la investigación adicional requiere poco o ningún desembolso extra.	Pocos gastos para investigación y desarrollo, consumo bien definido de tiempo y dinero.	Ninguna ventaja tecnológica sobre competidores, peligro de inversiones por nuevos desarrollos.

TABLA 7.2 CONTENIDO TÍPICO DEL PAQUETE DE INGENIERIA BASICA

1. MANUAL DE DISEÑO DE PROCESO
 - 1.1. Descripción general del proceso,
 - 1.2. Diagramas de bloques del flujo de proceso y de los servicios auxiliares,
 - 1.3. Diagramas de flujo de proceso,
 - 1.4. Propiedades físicas y químicas de materias primas, subproductos, productos intermedios y finales del proceso,
 - 1.5. Balance de materia y energía,
 - 1.6. Diagramas de tubería e instrumentos de proceso y de servicios auxiliares,
 - 1.7. Resumen de consumo de servicios auxiliares y de agentes químicos,
 - 1.8. Principios básicos de operación y control del proceso,
 - 1.9. Control de calidad de materias primas, subproductos y productos,
 - 1.10. Cantidad y análisis de descargas residuales y tratamiento recomendado para cumplir con la legislación ambiental.
2. MANUAL DE DISEÑO DE LA PLANTA
 - 2.1. Bases de diseño,
 - 2.2. Plano de localización general de equipo,
 - 2.3. Lista de equipo, incluyendo especificaciones y tamaños,
 - 2.4. Lista de instrumentos, incluyendo especificaciones de instrumentos y de control,
 - 2.5. Especificaciones de materiales para tubería,
 - 2.6. Diagrama unifilar general,
 - 2.7. Especificaciones generales de aislamiento, pintura, construcción civil y otros requerimientos especiales de cualquier material.

Las ventajas resultantes de la adquisición de tecnología son obvias: baja posibilidad de fracaso, la cooperación y créditos con terceros son fáciles de obtener, gastos bajos en investigación y desarrollo, forma efectiva de diversificar a corto y medio plazo y fácil adaptación de la oferta a la demanda en diferentes mercados (flexible estrategia de mercado).

La compra de tecnología, según D. Altenpohl expuso ante la 7a. Conferencia Internacional de TNO, ha crecido a una tasa notable. Los consultores y ejecutivos de empresas químicas viajan a Japón y a Europa para obtener tecnología existente, la adquisición es menos riesgosa que el desarrollo tecnológico propio y muchas compañías que no habrían vendido tecnología hace algunos años ahora sí lo hacen como un medio de obtener ingresos adicionales.

La pregunta ¿es más barato comprar un proceso que desarrollar uno propio? tiene

una respuesta que depende de en qué etapa del desarrollo de un nuevo proceso o producto se desea entrar al mercado con una planta comercial.

Fair presenta un cuestionario que contiene numerosos puntos a considerar para la compra de una tecnología de proceso.

En la figura 7.2 se ha graficado al tiempo de madurez de un producto o proceso, comenzando con la idea original. En la fase A, esta invención o desarrollo logra un buen avance al principio. Luego, por algún tiempo es difícil predecir si tendrá éxito, se estancará, o irá al fracaso. En nuestro ejemplo, desaparece de la vista quizá por años. Los proyectos en la etapa B pueden compararse a una corriente de agua que entra al subsuelo en una montaña, desaparece entre las rocas, hasta que se le supone perdida para siempre. Pero después, más abajo, sale de nuevo. Quizá no se ha perdido mucho del caudal original. Este regreso puede tomar, en nuestra escala de tiempo, años. Después de este retorno, el proyecto tiene buen avance, como se ve en la sección C de la curva.

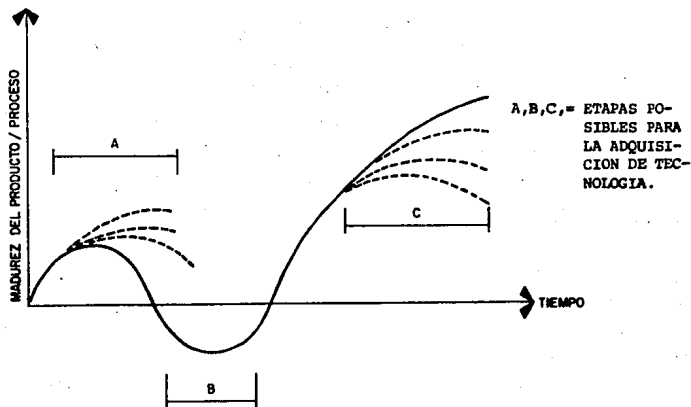


FIGURA 7.2 ETAPAS PARA LA ADQUISICION DE TECNOLOGIA.

La figura explica que hay tres etapas posibles y diferentes en las cuales se puede obtener tecnología. Algunos audaces empresarios podrían adquirirla durante la etapa A; un maestro en la adquisición de tecnología es Hutzenlaub, quien hace muchos años obtuvo un desarrollo casi imposible llamado el motor "Wankel" y luego lo vendió por una enorme suma a la General Motors y a seis compañías japonesas bajo licencia. El motor Wankel se adquirió en la etapa A donde los líderes expertos no creían en su éxito y cuando los prototipos todavía estaban en pruebas; luego, vino la etapa B, pero regresó de nuevo.

Aunque la etapa B es un período para adquirir tecnología, la mejor es ciertamente la C, donde la probabilidad de éxito ya es más fácil de establecer. La mayor parte de las empresas la adquirirían aquí, aún las de instrumentos, de menor vida que los procesos. Las razones por las que los grupos de desarrollo se rinden en C, o necesitan a alguien como promotor, son la falta de capital, de expertos, o no hay aplicaciones factibles, o no pueden resolver problemas de detalle.

Por otra parte, si se grafica el costo de desarrollo contra el tiempo, se obtiene la familiar curva S, es decir, al principio del desarrollo los gastos de investigación son relativamente pequeños y luego, a medida que se llega a la etapa de desarrollo pleno, crecen rápidamente, manteniéndose constantes de nuevo después cuando el proyecto llega a su fin. Si se desea llegar a la explotación comercial en una etapa temprana del desarrollo, no hay manera de evitar un sustancial esfuerzo en investigación y desarrollo, y no hay diferencia en este caso si la idea se originó en los propios laboratorios, o si se adquirió la invención bajo licencia de un tercero.

Esta curva de desarrollo tiene amplias aplicaciones: en la industria química -campo altamente orientado hacia la investigación-, la del petróleo, la del vidrio flotado y aún otras más viejas.

Ocasionalmente, se ha llegado a tener la oportunidad de adquirir bajo licencia una invención que se acomoda a las propias capacidades para un posterior desarrollo. Sin embargo, cuando surge tal oportunidad, se puede adquirir solamente la idea básica en desarrollo, la cual requerirá una inversión considera-

ble en más investigación y desarrollo hasta llevarla a su explotación comercial. Como ejemplo de lo anterior, en el campo de las resinas epóxicas, se compró exitosamente una licencia en 1947 de un trabajo original de Devoe y Reynolds, sobre el uso de resinas epóxicas en el campo de los recubrimientos de superficie. Devoe y Reynolds es una compañía estadounidense fabricante de pinturas y barnices, y, aunque el uso principal de las resinas epóxicas estaba en este campo, sintieron que no tenían los recursos para explotar sus desarrollos plenamente, por lo cual trataron con la Shell Chemical Corporation, de Estados Unidos, que estaba en mucha mejor posición para gastar en la investigación y desarrollo ulteriores.

Una situación similar apareció en el caso de los insecticidas "drin" (Aldrin, Dieldrin y Endrin), cuyas inversiones originales estaban controladas por una pequeña empresa de los EE.UU llamada Versicol, que no tenía la capacidad de comercializarlos a escala mundial, por lo que la Shell adquirió bajo licencia los derechos en todo el mundo. En este caso, aún cuando las regalías fueron altas, los productos se volvieron un éxito comercial, después de haber gastado grandes sumas en investigación y desarrollo, desde tanteos sobre usos agrícolas y toxicológicos hasta el proceso mismo de su fabricación.

La invención original puede no originarse en una pequeña empresa, y el polipropileno es un ejemplo en el que la patente que cubría la invención básica se concedió a varias compañías que luego procedieron a gastar mucho dinero en su propia investigación y desarrollo hasta la comercialización de la idea original. Cuando la Shell tomó esta idea en 1955, el polipropileno era un nuevo plástico y faltaba mucho por descubrir acerca de su producción económica, sus aplicaciones y propiedades.

Es claro, por tanto, que carece de sentido económico que una compañía o un país que desea ahora entrar al campo del polipropileno trate de desarrollar independientemente su propio proceso cuando ya se dispone de una tecnología completa por sólo una fracción de su costo original de desarrollo; lo mismo se aplica a productos similares desarrollados en el campo del óxido de etileno o de polímeros como poliisopreno o hule de butadieno-estireno.

Otros ejemplos son aquellos en que la Shell compró tecnologías comercialmente probadas, pero en las que encontró necesario continuar su propio esfuerzo de investigación y desarrollo; son casos en los que compró en un punto anterior a la declinación de la curva S: polietileno de alta presión, cloruro de polivinilo, fenol, ácido nítrico (proceso de Montecatini-Edison).

Esta compañía reconoció varias limitaciones al proceso de adquirir tecnología según los principios arriba expuestos, y que se refieren a áreas en las que ya se había acumulado un conocimiento considerable y realmente era sólo cuestión de adaptarlo a requerimientos específicos de un proceso en particular. Además, hubo casos en los que el licenciador no tenía experiencia real del proceso a plena escala necesitado por la Shell.

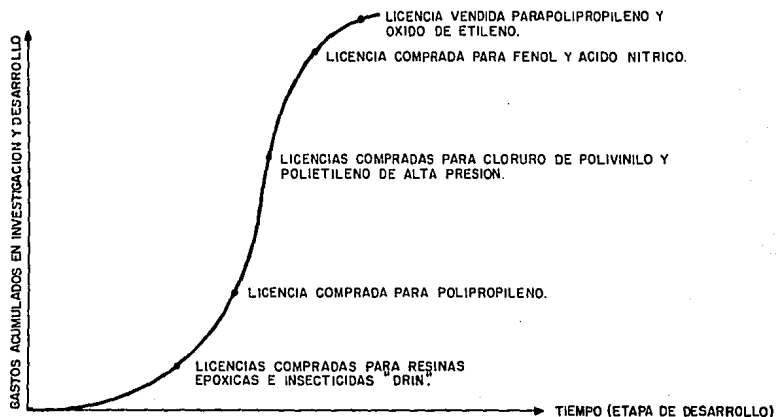


FIGURA 7.3 ETAPAS DE DESARROLLO EN LAS QUE LAS LICENCIAS SE COMPRARON Y SE VENDIERON.

7.2 EXPERIMENTACION Y CALCULO A NIVEL DE LABORATORIO

Una vez que se ha tomado la decisión de adaptar un proceso existente y de estudiar la información recopilada hasta esta etapa, se procede a planear la investigación, la cual se desarrollará en dos partes:

Primera parte: trabajo experimental de laboratorio con pequeños volúmenes de reacción y en equipo de vidrio con el objeto de analizar el comportamiento de la reacción, y

Segunda parte: trabajo experimental a escala de planta piloto para establecer las condiciones de operación del reactor.

Por lo que toca a la primera parte, los experimentos deberán diseñarse de manera que conduzcan finalmente al establecimiento de las etapas del proceso, las rutas de las reacciones de obtención, las operaciones de purificación de los productos, la selección de las materias primas y solventes requeridos, el esbozo de un diagrama completo de flujo y el efecto probable de la acumulación de impurezas. El trabajo experimental deberá permitir, además, conocer lo siguiente:

- Rendimiento de las reacciones,
- Pureza de los productos,
- Eficiencia de los solventes,
- Condiciones de operación,
- Materiales más adecuados para la construcción del equipo y tuberías,
- Método analítico para determinar la composición de la mezcla de los productos de la reacción,
- Intervalo de temperatura de la reacción limitado por la fusión del reactivo B y la descomposición del producto D, por ejemplo,
- Tiempo de reacción en función de la conversión,
- Presencia de reacciones secundarias e indeseables,
- Requerimientos de calor de la reacción y
- Medidas especiales de seguridad durante el manejo de la reacción.

La segunda parte de la investigación experimental se desarrollará posteriormente en el apartado correspondiente a la escalación de la planta.

7.3 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Alcance

La concesión de tecnología se inicia a través de un contacto inicial con un

cliente, o por medio de un contratista de ingeniería. En esta etapa el cliente proporciona las bases de su proyecto cubriendo información sobre materias primas, capacidad de la planta y calidad del producto. Con esto, el propietario de la tecnología -licenciador- prepara un documento que provee suficientes bases para hacer una evaluación económica y técnica preliminar inicial. Luego, la transferencia de tecnología se efectúa en cuatro pasos: Evaluación Preliminar, Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle y Arranque, mismos que se describen sucesivamente a continuación, a reserva de hacerlo con más detalle en el capítulo 9.

1. **Evaluación Preliminar.** En este paso se firma un convenio de confidencialidad antes de proveer la información acerca de la tecnología. Enseguida se presenta al cliente un informe confidencial de la evaluación, mismo que incluye diagramas de flujo, tamaños de equipo, consumo de materias primas y de servicios auxiliares y cualquier otra información requerida para preparar un estimado detallado de costo. Se analizan los aspectos técnicos del proceso, con sus alternativas, para construir una planta de acuerdo con las necesidades del cliente. Si el proceso satisface sus requerimientos, se firma un convenio o acuerdo de licencia que detalla todos los honorarios y plazos de pago. Probablemente habrá una visita a una planta que esté usando la tecnología en cuestión.
2. **Ingeniería Básica.** Después de firmado el contrato, se inicia el paso dos. El alcance de la ingeniería en esta etapa varía de cliente a cliente, pero incluye generalmente lo mostrado en la tabla 7.2.

Para clientes de países en desarrollo, la ingeniería básica puede extenderse a la asesoría en otras áreas.

3. **Ingeniería de Detalle.** Después de la transmisión del paquete de la ingeniería básica, el paso tres cubre: asesoría durante la ingeniería de detalle; revisión del diseño completo con el cliente; revisión y aprobación de dibujos de fabricante; revisión del arreglo general del equipo de la planta; asesoría en la selección del equipo (opcional) y asesoría durante la fase de construcción. Este paso se analiza ampliamente en el capítulo 9.
4. **Arranque.** El paso cuarto, que se detallará posteriormente, se extiende

TABLA 7.3 CRITERIOS A ANALIZAR DURANTE
LA NEGOCIACION DE TECNOLOGIA

- Valor de la tecnología,
- Nivel o etapa de desarrollo de la tecnología a adquirir,
- Quién integrará el paquete de la información que compone la tecnología,
- Fórmula confiable de pago (suma global, o participación en las ganancias, o en las ventas),
- Limitaciones sobre exportaciones, modificaciones al producto, o sobre asociaciones futuras con el licenciador o prácticas de comercialización del cliente,
- Experiencia del licenciador y su reputación,
- Compatibilidad del proceso con la integración del complejo donde va a instalarse,
- Traspaso de los desarrollos nuevos del licenciador,
- Garantías,
- Asistencia técnica en el desarrollo del proyecto, y
- Plantas de operación: capacidades, rendimientos, pureza,

desde la revisión de la planta al final de la construcción hasta el término del arranque. Durante esta fase, el personal del cliente se adiestra en el arranque y operación de la planta -ingenieros y supervisores-; las actividades de esta etapa también incluyen: inspección de la planta y recomendaciones para modificaciones del proceso, actividades de pre-arranque, arranque inicial de la planta, evaluación del funcionamiento de una corrida y otros requerimientos del cliente.

La planta debe cumplir con las garantías de capacidad, eficiencia de conversión de las materias primas y con la calidad del producto. Generalmente, una prueba exitosa de la operación pone término a los requisitos contractuales; sin embargo, en la mayoría de los casos, se mantiene una comunicación con el cliente sobre el funcionamiento de la planta y posibles mejoras al proceso.

NEGOCIACION

Ya seleccionada la tecnología básica a utilizar, lo que sigue es la negociación sobre la transferencia de la tecnología entre su propietario y el cliente. En la preparación de la negociación es importante considerar los criterios que se indican en la tabla 7.3.

Es conveniente recordar que, en países como el nuestro, la legislación sobre la transferencia de tecnología no es igual a la de muchos países industrializados. El desconocimiento de estas diferencias ha dado como resultado en muchos casos, según lo asegura J. Giral B., el pagar por tecnología que estaba disponible gratuitamente.

El aspecto legal de la transferencia de tecnología se analiza por Hernández G. y A. Santiago.

Siendo la adaptación de tecnología uno de los mecanismos importantes para su transferencia, el caso de México justifica las siguientes consideraciones. Del acervo general de tecnología que utiliza el país, no es posible definir, por lo menos hasta la década de 1970, qué parte corresponde a la tecnología libremente disponible en el ámbito mundial y que llega a México a través del personal adiestrado en el extranjero y la literatura técnica; qué parte viene incorporada en el equipo, maquinaria y otros bienes de capital importados, y qué parte se obtiene mediante la inversión extranjera directa.

La parte decisiva de los conocimientos técnicos y de los procesos tecnológicos que actualmente se usan en el país provienen del exterior, muy especialmente de los EEUU. Esta situación es particularmente notoria en la industria dinámica y moderna, como la "petroquímica" o petróleo-química, lo contrario de lo que sucede en la industria tradicional productora de satisfactores primarios y de otros bienes sencillos de consumo.

Son escasas las industrias en las que la tecnología importada esté sujeta a un proceso de adaptación interna, como no sean las de la instalación de plantas de tamaño subóptimo, dada la demanda del mercado nacional.

Como ya se asentó anteriormente, en comparación con el número de patentes que protegen nuevos inventos, el correspondiente a mejoras de los existentes es enorme; el caso de México no es la excepción.

En el sector industrial, las empresas pueden orientar su ejercicio en tres direcciones diferentes:

- a) Hacia la elaboración de productos finales a partir de tecnología importada,
- b) Hacia la adaptación de tecnología -otra forma de innovar- con respecto a productos y procesos existentes, y
- c) Hacia la búsqueda de productos originales y nuevas formas de producción.

Aunque el problema de la dependencia no es, desde luego, el origen geográfico de la tecnología, sí lo es el grado de su adaptación a las condiciones locales. El camino de la imitación de las tecnologías extranjeras, al que acudió con gran éxito Japón entre fines del siglo pasado y la Segunda Guerra Mundial para crear las bases de su desarrollo tecnológico autónomo, está en gran medida vedado a los países en desarrollo por el funcionamiento del sistema internacional de patentes. Este tema empezó a estudiarse en México por primera vez hasta mediados de

1973 con la expedición de la Ley Sobre el Registro de la Transferencia de Tecnología y el Uso y Explotación de Patentes y Marcas.

Entre las categorías generales de adaptación de la tecnología importada pueden distinguirse cuatro:

- a) La proporción de factores. Casi todas las tecnologías originadas en los países avanzados tienden al ahorro del factor en ellos escaso -la mano de obra- y al uso intensivo del factor abundante -el capital-;
- b) La disponibilidad de las materias primas y otros recursos nacionales;
- c) El tamaño del mercado, y
- d) La preferencia de los consumidores.

El establecimiento de estas categorías puede servir como pauta para identificar aquellos aspectos de la tecnología con un gran potencial de innovación mediante la adaptación apropiada.

Una gran mayoría de las patentes registradas en México es de procedencia extranjera. Su explotación aquí significa una adaptación exterior para un consumo interior, adaptación que no solamente costeamos, sino que no está de acuerdo a nuestros hábitos de consumo. El resultado es el uso de una tecnología que es muy costosa porque no está inventada in situ.

8.0 DESARROLLO DEL PROCESO

Como ya se mencionó anteriormente, en la primera etapa de un desarrollo innovador se adelanta una idea, la que se elabora mediante experimentos exploratorios y estudios de mercado. A medida que se van elaborando los estudios de investigación y de factibilidad económica, la participación del grupo de ingeniería va creciendo hasta el establecimiento de la fase del diseño conceptual del proceso. Toda esta actividad es parte de lo que se llama desarrollo del proceso, cuyo objetivo es preparar la innovación potencial para su aplicación comercial tan rápida y económicamente como sea posible y con un nivel aceptable de riesgo. Se requiere, por parte de quienes administran los esfuerzos de investigación y desarrollo, un análisis considerable respaldado por investigadores e ingenieros competentes y experimentados para escoger la mejor vía hacia una innovación particular. Por ejemplo, se pueden tomar los resultados del estudio de factibilidad, apresurarse y construir la planta con la esperanza de que funcionará -con un riesgo muy alto-. En el otro extremo, se puede investigar y estudiar un problema con gran detalle, gastar mucho dinero en desarrollo, minimizar el riesgo técnico, llegar tarde al mercado y perder la oportunidad de una ventaja competitiva.

"Fijarle" a la vía óptima requiere de un cuidadoso diseño del programa. Un buen programa de desarrollo consiste de una serie de actividades que se traslapan, con mucha flexibilidad para acomodar cambios. Estas actividades incluyen investigación de laboratorio, operación de planta piloto, estudios de ingeniería y evaluaciones económicas.

Cuando la evolución del desarrollo del proceso llega a un punto donde la decisión es seguir adelante, siendo positivos todos los indicadores del éxito futuro, se emprende una bien definida fase del diseño preliminar del proceso por el grupo de investigación y desarrollo, o por el de ingeniería, grupo que buscará aquella combinación de condiciones que conducirá a producir el máximo al costo mínimo.

El diseño preliminar del proceso es un paso clave en la evolución total del proceso, y sus resultados, en términos económicos, determinan si el proyecto sigue adelante y si se va a construir la planta. Un diseño excesivamente conservador puede llevar a una imagen económica desfavorable. Un diseño excesivamente optimista puede conducir a penalizaciones posteriores en costos adicionales de ca-

pital, costos inesperados de elaboración y, muy probablemente, a un proceso no competitivo económicamente. Finalmente, los descuidos e inexactitudes en el diseño pueden desembocar en el peor de todos los destinos: una planta que no podrá ser operada siquiera para satisfacer las especificaciones originales del producto.

Los resultados del diseño preliminar van en un documento que sirve para sustentar la solicitud de recursos económicos y se basa en una disyuntiva entre la exactitud técnica, el costo del trabajo hecho y la presión del tiempo para llegar a la producción comercial.

La decisión de la empresa para la asignación de fondos de capital lleva al diseño final del proceso, que es la ingeniería de detalle, en la que hay poca flexibilidad para alterar las condiciones de proceso ya establecidas. Esta fase se describirá posteriormente; por ahora, será suficiente establecer que el diseño del proceso comprende la elaboración y recopilación del paquete del diseño del proceso, es decir, abarca los datos de propiedades físicas, diagramas de flujo, balances de masa y energía, hojas de datos de equipo, resumen de servicios auxiliares, diagramas de control, etc.; también involucra una evaluación económica, ya que su objetivo general es llegar al esquema de flujo más económico.

El diseño del proceso se puede dividir en dos tipos generales:

1. Diseño preliminar del proceso, que comprende las actividades y estudios dirigidos hacia la preparación de una solicitud de asignación de capital e incluye lo siguiente: preparación de diagramas de flujo y de los balances de masa y energía y retroalimentación al esfuerzo de diseño del proceso, y
2. Diseño final del proceso, que incluye las actividades dirigidas a la adquisición de equipo y materiales y su instalación, es decir, preparación de diagramas finales de flujo, de especificaciones de equipo, de dibujos constructivos de instalación de instrumentos, eléctricos, equipo mecánico, etc.

8.1 ESCALACION DE LA PLANTA

Según las apreciaciones de R. V. Hughson sobre la formación académica de los ingenieros químicos, éstos reciben más conocimientos de diseño que de cualquier otro aspecto de la ingeniería, por lo que su contribución al diseño de procesos es amplia. La mayor parte de la información que necesita el ingeniero de diseño de procesos se genera durante la fase de investigación y desarrollo, particularmente a partir de la planta piloto. Pero esta información se basa en el comportamiento de equipo pequeño, mientras que la planta comercial contendrá equipo grande. La adaptación de estos datos se conoce como *escalación*, técnica matemática cuyos procedimientos dependen de la naturaleza del equipo a escalar.

La premisa básica de todo trabajo de planta piloto es que las observaciones obtenidas en un modelo pequeño pueden escalarse hasta una unidad de tamaño comercial. Esta premisa está sustentada por las teorías de las similitudes o semejanzas geométrica, mecánica, química y térmica, teorías que proveen la base de los números adimensionales, tales como el número de Reynolds, el factor de fricción de Fanning, el número de Peclet, etc. El problema al que se enfrenta un ingeniero de una planta es que la similitud completa sólo puede obtenerse en sistemas simples. La mayor parte de los procesos requiere una decisión sobre cuánto ampliar la restricción de la similitud completa y todavía poder escalar con algún grado de confiabilidad. Esto implica un conocimiento del significado relativo de las variables. Las disyuntivas o suposiciones elegidas deben confirmarse experimentalmente.

El primer paso que es necesario dar cuando se va a diseñar una planta piloto es fijar el criterio de similitud que gobernará las operaciones o procesos que se van a estudiar a una escala menor.

Hay dos técnicas para determinar los grupos o números adimensionales. Un método usa el teorema de Buckingham. Este teorema involucra una selección arbitraria de variables posibles y las agrupa en forma adimensional. En la otra técnica, el primer paso es escribir las ecuaciones diferenciales fundamentales que gobiernan el comportamiento del proceso; el siguiente paso es encontrar las magnitudes o variables pertinentes que hagan las ecuaciones diferenciales adimensionales; finalmente, sigue la interpretación de los grupos adimensionales. El método de las ecuaciones diferenciales se prefiere porque el teorema de Buckingham no seleccionará las variables ni determinará su significado relativo.

El estudio del criterio de similitud revela las condiciones bajo las cuales debe probarse la planta piloto para que los resultados simulados obtenidos sean los que se pueden lograr con las condiciones dadas a una escala mayor.

El principio de similitud o semejanza se refiere a la interrelación entre sistemas físicos de diferentes dimensiones y es fundamental para la escalación o reducción de procesos físicos o químicos. La magnitud y configuración de un sistema físico están determinadas por las relaciones de magnitud internas del sistema y no dependen de la medida o naturaleza de las unidades en que dichas magnitudes estén medidas.

La similitud puede definirse en dos formas: especificando la relación existente en medidas diferentes en un mismo cuerpo o sistema, y especificando las medidas correspondientes en cuerpos o sistemas diferentes (para los que los grupos adimensionales son iguales).

Cuatro condiciones de similitud son importantes en ingeniería, y son las siguientes:

Similitud geométrica. Se dice que dos sistemas o campos de flujo son geométricamente similares cuando la geometría del movimiento de uno es meramente una escala constante del otro a lo largo de los puntos correspondientes del movimiento global. Esta condición implica que el campo de flujo y sus límites muestran la misma escala geométrica. Si los ejes coordenados en los dos campos están orientados similarmente, los dos campos serán geométricamente similares si sus ángulos correspondientes son iguales. En otras palabras, la escalación no altera los ángulos en la geometría del movimiento. Para la similitud geométrica, la relación de longitudes características L_1/L_2 es una constante en las porciones correspondientes de los dos campos de flujo.

Similitud mecánica. Esta condición comprende a su vez tres estados o condiciones: la estática, la cinemática y la dinámica. Cada una de ellas puede considerarse como una extensión del concepto de similitud geométrica referido a sistemas en reposo o en movimiento. En forma similar a la geométrica, por consiguiente, la similitud cinemática implica que la relación de velocidades en los puntos correspondientes a lo largo del movimiento de varios sistemas es una constante. Por tanto, U_1/U_2 es una constante para todos los puntos correspondientes de los dos sistemas 1 y 2.

La geometría de los límites de un fluido perfecto determina la geometría del cam

po de flujo. Por consiguiente, existe una similitud completa entre dos fluidos perfectos si se satisface la similitud geométrica. Por ejemplo, si un fluido perfecto fluye alrededor de un cilindro y si el diámetro del cilindro aumenta súbitamente al doble, las propiedades correspondientes del flujo se moverán a la nueva posición dos veces la distancia original desde el origen. La geometría del campo de flujo, sin embargo, permanecerá inalterable si la velocidad del campo de flujo aumenta rápidamente al doble. En ese caso, todos los puntos en el campo asumirán una velocidad dos veces mayor.

Similitud dinámica. Se dice que existe similitud dinámica entre dos campos de flujo cuando la relación de las fuerzas correspondientes F_1/F_2 en ambos campos es la misma. Las fuerzas que afectan el movimiento de un fluido real son las fuerzas de inercia, viscosidad, presión, gravitación, elasticidad y tensión superficial, y fuerzas eléctricas y magnéticas si el fluido es permeable a los campos eléctrico y magnético. En general, si todas estas fuerzas están presentes en el movimiento de un fluido, entonces, para que exista similitud completa en los dos campos de flujo, la relación de todas estas fuerzas debe ser la misma en ambos campos.

EL NUMERO DE REYNOLDS

Como el significado físico de este número es conocido por usarse para la clasificación dinámica del flujo, su análisis ilustra la importancia que tiene en los problemas de escalación. En la mayor parte de los campos de flujo incompresible, para los cuales la densidad permanece constante esencialmente, las fuerzas de presión quedan únicamente determinadas por el balance de las fuerzas viscosa e inercial. En tales campos, donde los otros tipos de fuerzas o no están presentes o pueden ignorarse para el equilibrio, la suma de fuerzas componentes da la expresión (1); los subíndices de la fuerza F indican presión, inercia y viscosidad en el orden de la ecuación. Si esta ecuación se divide entre la fuerza inercial, F_i , el resultado es la expresión (2); el miembro izquierdo de la expresión adimensional (2) da la variable dependiente F_p/F_i , la cual se define como el coeficiente de presión. La variable independiente del miembro derecho F_v/F_i , que es la relación de las fuerzas viscosas a las fuerzas inerciales, se define como el recíproco del número de Reynolds. Consecuentemente, este número adimensional independiente, llamado número de Reynolds,

$$F_p = F_i - F_v \quad \dots (1)$$

$$(F_p/F_i) = 1 - (F_v/F_i) \quad \dots (2)$$

se determina por la relación de las fuerzas inerciales a las fuerzas viscosas.

L , U y t representan una longitud, velocidad y tiempo característicos del sistema de flujo. Por ejemplo, para un flujo dentro de un tubo, la longitud característica puede ser el diámetro; la velocidad característica, la velocidad promedio en el tubo, y el tiempo característico puede tomarse desde el origen, donde comenzó el flujo en el tubo. Siendo la fuerza inercial el producto de la masa por la aceleración, en un punto en el campo de flujo será proporcional a

$$F_i \propto \rho L^3 (U/t) \propto L^2 U^2 \rho$$

Ya que L/t tiene las dimensiones de velocidad, esta relación se ha sustituido por U en la ecuación anterior. De la misma manera, la fuerza viscosa, que representa el producto del esfuerzo de corte, T , y el área característica L^2 , será proporcional a

$$F_v \propto TL^2 u (U/L) L^2 = u U L$$

u = viscosidad absoluta

ρ = densidad

ν = viscosidad cinemática

El número característico de Reynolds, Re , es entonces:

$$Re = F_i / F_v$$

$$(F_i / F_v) \propto (\rho L^2 U^2 / uUL) = (UL/\nu) = Re \quad \dots (3)$$

Igualmente, el coeficiente de presión, C_p , puede desarrollarse a partir de las dimensiones características: la fuerza de presión, F_p , es el producto de la presión, P , por el área característica, L^2 . La fuerza inercial ya ha sido establecido como $L^2 \rho U^2$; por tanto, el coeficiente de presión característico es:

$$(1/2) C_p \propto (F_p / F_i)$$

$$(F_p / F_i) \propto (PL^2 / \rho L^2 U^2) = (P / \rho U^2) = (1/2) C_p \quad \dots (4)$$

Si el factor de proporcionalidad entre Re y la relación de fuerzas de (3) es K_1 y el correspondiente al coeficiente de presión es K_2 en (4), entonces la ecuación del equilibrio toma la forma de:

$$(1/2)C_p = K_2 (1 - 1/K_1 Re)$$

Esta ecuación intencionalmente establece que, para flujos con presión de inercia y viscosa solamente, mientras los números de Reynolds sean iguales en ambos sistemas, el coeficiente de presión será el mismo, y, consiguientemente, existirá la similitud dinámica si las características constantes K_1 y K_2 son las mismas. Estas constantes de escalación dependen de la geometría y cinemática del flujo. Esto es cierto porque las constantes de proporcionalidad se derivan del hecho de que para un flujo dado los valores de las dimensiones características U , L y t se consideran como las dimensiones representativas del campo entero de flujo. En conclusión, para movimientos que son principalmente viscosos, la similitud completa del movimiento se logra cuando se satisfacen las similitudes geométrica, cinemática y dinámica. La similitud geométrica debe satisfacerse hasta en los detalles más sutiles, tales como la similitud en la forma global, así como la de los detalles más menudos de la rugosidad en los límites.

Similitud química. Se establece en sistemas de reacciones químicas, en los que la composición varía de un punto a otro. Es aconsejable construir y hacer funcionar un reactor a escala piloto para asegurarse del funcionamiento satisfactorio de la planta comercial. Walas presenta un análisis de la técnica usada para diseñar un reactor prototipo a fin de cerciorarse sobre la similitud a escala. Este análisis básicamente consiste en lo siguiente: La consideración de ecuaciones diferenciales apropiadas y en el estado estacionario para la conservación de la masa, del momentum y de la energía térmica conduce a siete grupos adimensionales que deben ser iguales para el modelo y el prototipo si lo que se desea es que presenten similitud completa. Entre estos grupos -enumerados en la tabla 4-9 de la cuarta edición inglesa del Manual del Ingeniero Químico, de Perry-, se encuentran los números de Reynolds, de Peclet y de Damkohler.

El comportamiento de una reacción puede compararse utilizando dos tanques cuyos radios están en la relación A . Por simplicidad, las condiciones en los dos reactores se tomarán tan aproximadamente similares que todas las propiedades físicas importantes, como la viscosidad y densidad, sean sustancialmente las mismas en ambos. Por consiguiente, la comparación de los grupos adimensionales produce estas relaciones para un sistema homogéneo, donde las primas se refieren al prototipo:

$$Re' = A Re$$

$$L' = A L$$

$$u' = u A^{-1}$$

$$T' = T A^{-2/3}$$

$$r' = r A^{-2}$$

$$e^{-b/T'} = A^{-2} e^{-bT}$$

De estas ecuaciones se sigue que, por ejemplo, se necesitan flujos más grandes y velocidades de reacción más rápidas en reactores más pequeños cuando se vaya a mantener una similitud completa. En las expresiones anteriores:

r = velocidad de reacción

R = radio

L = longitud característica

u = velocidad lineal

T = temperatura absoluta

b = exponente derivado empíricamente para la ecuación de velocidad

Las ecuaciones para sistemas heterogéneos son de la misma forma.

Similitud térmica. Está involucrada en los sistemas donde hay un flujo de calor, e introduce las dimensiones temperatura, longitud, masa, fuerza y tiempo.

Para la escalación o reducción confiables de procesos físicos o químicos complejos se necesita satisfacer las dos condiciones siguientes: el régimen debe ser relativamente puro y del mismo tipo tanto para la escala pequeña como para la grande. La relación general de control en el que intervienen diferentes procesos en serie o en paralelo se llama régimen, y puede ser una fuerza, un flujo, o un factor de resistencia el elemento que controle todo el cambio.

PLANTAS PILOTO

Debido a que el equipo de una planta química es tan diferente del usado en un laboratorio, una de las tareas principales de los ingenieros de investigación y desarrollo es decidir qué clases de equipo deben usarse para llevar al cabo un proceso químico a escala comercial. También determinan los tamaños del equipo requerido —qué tan grandes deben ser las bombas, cuánta energía debe proveerse a los mezcladores, etc. Antes de diseñar una planta comercial, el grupo de investigación y desarrollo generalmente construye una planta piloto, una planta en miniatura utilizada para experimentación, es decir, un pequeño modelo de la planta final, pero que contiene el equipo en pequeñas versiones. Las plantas piloto son particularmente útiles cuando se diseñan plantas de proceso continuo, que son tan diferentes de un laboratorio de investigación, en el que es casi imposible conducir un proceso estacionario con el equipo de vidrio de laboratorio.

La fase complementaria del trabajo experimental consiste, generalmente, en el a-

condicionamiento de un reactor piloto al que se le instala un sistema de tratamiento y carga de reactivos y provisto con la instrumentación necesaria. En seguida, y a partir de datos de laboratorio, se hacen algunas corridas para determinar la interacción de temperatura, presión, flujo de alimentación de reactivos, velocidad de agitación, tiempo de reacción, etc., de manera que se deduzca su influencia en términos de la pureza del producto y el efecto combinado con pares de variables sobre el rendimiento del producto.

En cuanto a los objetivos que debe cumplir la operación de una planta piloto, se deben mencionar los siguientes:

1. Los datos de planta piloto deben ser capaces de llenar el vacío entre el estudio de laboratorio y la planta comercial. El equipo y los métodos de prueba han de simular la práctica real tan cerca como sea posible, pues es todavía inseguro basar estimados en pruebas que involucran unos pocos gramos de material agitado en un vaso de precipitados.

2. Ya que la construcción de una planta no debe emprenderse hasta que su necesidad se haya ponderado a partir del trabajo de laboratorio, esta planta debe ser una confirmación de la interpretación de las pruebas de laboratorio, de la misma manera que la planta comercial será una confirmación de las pruebas de planta piloto. La experimentación a nivel de planta piloto se realiza para confirmar a mayor escala las condiciones de operación, los materiales de construcción del equipo, la instrumentación y control, las variables de escalación, las dimensiones y forma del reactor, el sistema de agitación, los requerimientos de calor, el sistema de carga de los reactivos y la optimización de las condiciones de diseño para reducir al mínimo las dimensiones del equipo de materiales especiales. Además de comprobar el rendimiento de la reacción y la pureza del producto, se optimizan variables, como el tiempo de residencia en el reactor, la velocidad de agitación, la concentración de materias primas y reactivos, etc.

3. A la planta piloto se la ha considerado como una unidad de investigación, por tanto, la conversión de datos de laboratorio enviados por el grupo de investigación a datos para diseño de plantas es la única función de una planta piloto.

4. Cuando una nueva planta produce un producto fuera de especificación, los rendimientos son bajos y los costos en tiempo y materiales son altos. Aparece corrosión inesperada, se encuentran efectos de superficie/volumen, las impurezas se acumulan en la recirculación y un millón más de cosas parece que anda mal. Frecuen

temente, a pesar de los avances logrados en el uso de modelos y técnicas de escalación, no pueden detectarse varios factores a menos que el proceso se efectúe bajo condiciones que se acerquen a las de la unidad comercial. La corrosión sola puede ser un gran problema y algunas veces, durante el desarrollo de un proceso, aparece bajo formas muy peculiares. Los cristales para una recuperación posterior crecen diferentemente en un equipo grande que en un matraz de fondo plano vigorosamente agitado con un mezclador de laboratorio.

5. Las plantas piloto se usan para obtener datos de productos y variables del proceso, preparar producto para investigación de mercado (aceptación), determinar el efecto de productos laterales o subproductos y, como ya se mencionó, para obtener datos de escalación. Vilbrandt y Dryden dan un resumen sobre las prácticas de escalación y de planta piloto requeridas para cada tipo de equipo o de proceso.

Cabe mencionar finalmente ciertos vicios existentes en cuanto al uso indiscriminado de la experimentación a nivel de planta piloto. Cuando se ha completado un trabajo verdaderamente exitoso de desarrollo en una planta piloto (sin dificultades en el arranque u operación en la planta comercial), no se tiene la seguridad de si todos los esfuerzos fueron necesarios realmente. Pudo haberse gastado mucho dinero y tiempo recopilando datos de los cuales no hubo una necesidad real.

Al llevar al cabo el análisis paso a paso del proceso -diagrama de flujo, operaciones unitarias, equipos-, se vuelve evidente que los factores principales se refieren a la disponibilidad de datos básicos físicos, químicos, termodinámicos o cinéticos para el sistema. En algunos casos, sin embargo, sólo se dispone de datos parciales, o algo dudosos, y se debe tomar una decisión en cuanto a si el diseño debe hacerse sobre la base de tal información limitada. La figura 8.1 da una guía para planear un programa de desarrollo de planta piloto, y está tomada de R. Katzen.

Se podría establecer una relación muy simple entre los costos de investigación y desarrollo, R , y los de capital de una planta comercial, C . Si se supone que una cierta cantidad de investigación proveerá una base de diseño para una planta comercial a un costo particular de capital, se puede inferir que R es equivalente a C . Si aumentamos la cantidad en investigación en r , se debe reducir el costo de capital de la planta o el costo del arranque en una cantidad c . Ahora $R + r$ es equivalente a $C - c$.

Mientras la reducción en costo sea mayor que el gasto en investigación, se está

	Datos disponibles						Pruebas requeridas				Problemas		Ambiente										
	Propiedades físicas		Propiedades termodinámicas		Equilibrio		Laboratorio	Planta piloto		plena capacidad	Espumación	Incrustación	Corrosión	Almacenamiento intermedio	Pureza	Vapor	Aire	Polvos	Gases	Sólidos	Ruido	Drenajes	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No		Escala de banco	Propia														Del fabricante
Reactor																							
Horno																							
Destilación Simple																							
Fraccionamiento Extractiva																							
Absorción																							
Agotamiento																							
Cristalización																							
Filtración																							
Centrifugación																							
Molienda																							
Transporte de sólidos																							
Tamizado																							
Mezclado																							

Figura 8.1 Puntos para analizar un proyecto de desarrollo antes de iniciar un programa de planta piloto

tomando una decisión bien fundada de continuar los esfuerzos en investigación y desarrollo. Este método fue sugerido por J. W. Woolcock.

Ciertos problemas muy simples pueden mostrar fácilmente dónde fijar los límites para los gastos de investigación. Para una planta comercial que cuesta un millón de dólares, podría ser infructuoso gastar \$300 000 para un programa de trabajo en una planta piloto. Se podría intentar invertir parte de esta suma en el sobrediseño de aquellas secciones de la planta donde pueda existir alguna incertidumbre. Con un buen trabajo de diseño y algo de suerte se puede llegar a una planta 15 ó 20% más grande en capacidad debido al sobrediseño.

El impacto que sobre el costo del equipo tiene la incertidumbre asociada a su cálculo, usando las correlaciones disponibles de las propiedades físicas, químicas y termodinámicas, se muestra en la tabla 8.1, tomada de J. R. Fair.

En algunos casos, un estudio de diseño puede causar dudas en cuanto a si de una instalación de planta piloto se obtendrían datos útiles para diseño. En las reacciones que ocurren dentro de hornos, por ejemplo, es difícil muchas veces escalar la operación comercial propuesta al tamaño de planta piloto. Aquí puede ser aconsejable planear una prueba a escala comercial de duración limitada, ya sea en la instalación del fabricante, o en una planta en operación que tenga el equipo adecuado.

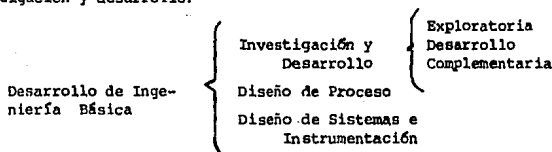
TABLA 8.1 El costo de los datos inexactos de propiedades

Propiedad	Error, %	Resultado del error, %	
		Tamaño del equipo	Costo del equipo
Conductividad térmica	20	13	13
Calor específico	20	6	6
Calor latente de vaporización	15	15	15
Coficiente de actividad	10		
Factor de separación	50	3	2
	1.5	20	13
	1.2	50	31
	1.1	100	100
Difusividad	20	6	4
	100	40	23
Viscosidad	50	10	10
Densidad	20	16	16
Tensión superficial	20	9	9

8.2 DESARROLLO DE INGENIERIA BASICA

Esta fase del proceso innovador tiene como propósito la obtención de la tecnología de un proceso que permita llevar al cabo un diseño competitivo del mismo. Esta actividad de desarrollo comprende tres etapas principales: exploratoria, de desarrollo y complementaria. En la primera se determina experimentalmente, a escala de banco de laboratorio y con un estudio económico, la viabilidad o factibilidad del proyecto; en la segunda, se experimenta a escala de banco o de planta piloto para obtener los datos necesarios que lleven a una evaluación económica precisa; finalmente, en la última fase se obtiene la información adicional para proceder al diseño y a la optimización del proceso.

Al desarrollo de la ingeniería básica se le suele dividir de la siguiente manera, de forma que lo descrito en el párrafo anterior corresponde a la etapa llamada de investigación y desarrollo:



Diseño de Proceso. Su actividad inicial es el análisis de las bases de diseño para detectar incongruencias, omisiones, criterios no definidos, etc. Se procede al análisis de alternativas de proceso y su selección, para lo cual es ventajoso disponer de un simulador que permita realizar balances de materia y energía y la selección del tamaño de equipo rápidamente a fin de definir las mejores condiciones para el comportamiento real del proceso.

Con lo anterior, se elabora luego el diagrama de flujo de proceso y la información para diseño de tubería e instrumentos, en la que se consignan datos requeridos para el diseño (flujos máximo y mínimo, propiedades físicas, etc.). A partir del diagrama de flujo se determinan los requerimientos de servicios auxiliares (vapor, agua, electricidad, combustibles, etc.) y de agentes químicos (inhibidores, catalizadores, etc.).

Por otra parte, se calculan las propiedades necesarias para el diseño del equipo, del que se elaboran sus hojas de datos especificando condiciones de entrada y salida, materiales de construcción, etc.

Diseño preliminar de sistemas e instrumentación. Habiendo seleccionado el ta

maño del equipo, se inicia la elaboración del plano de localización general de equipo y, simultáneamente, de los diagramas de tubería e instrumentos, teniendo como precedencia los de flujo de proceso, los de servicios auxiliares y la información complementaria.

A partir de los diagramas de tubería e instrumentos se inicia el diseño de la instrumentación, que comprende la elaboración de los diagramas de instrumentación, índice de instrumentos y sus hojas de especificaciones.

Finalmente, se elaboran los principios básicos de operación, que servirán posteriormente para desarrollar el manual de operación como parte de la ingeniería de detalle. En los principios se cubre: variables de operación y control del proceso, previsiones de arranque, paros normales y de emergencia, y operaciones anormales y especiales.

El desarrollo de la ingeniería básica concluye con la elaboración de los manuales de diseño del proceso y de la planta, que, juntos, componen el llamado paquete de ingeniería básica. En este paquete se integran los documentos mencionados en la tabla 7.2 y de otros, según los requerimientos del cliente, como: bases de diseño, criterios de diseño, descripción del proceso, lista de equipo, principios básicos de operación, diagrama de balance de servicios, resumen de datos de instrumentos, etc.

SIMULACION DE PROCESOS

En la década de 1950 se puso énfasis en el diseño de componentes individuales de proceso mediante el auxilio de computadoras; para los 60's, se destacó la simulación de procesos completos por computadora. ASPEN, un programa desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts para la investigación de procesos completos, se ha descrito como sigue, según lo refiere Fair:

Aspen es un programa de computación de 150.000 renglones que puede simular los diagramas de flujo de complejas plantas de proceso de gran escala. A partir de la información sobre el equipo, las conexiones entre las unidades y las materias primas en una planta propuesta o en funciones, el programa provee información cuantitativa sobre el proceso. Sus resultados incluyen costos de capital y de operación, características de funcionamiento, consumos de energía en el proceso, flujos, composiciones, calidad y costos de los productos. De este modo, Aspen permite a los ingenieros comparar la viabilidad económica y alternativas

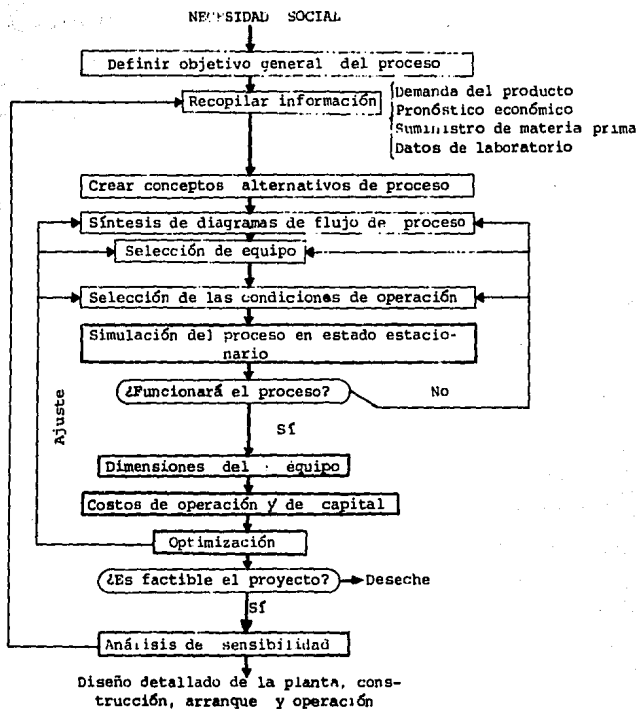


Figura 8.2 Diagrama lógico de los pasos involucrados en el desarrollo de un nuevo proceso químico. Los bloques en trazo grueso indican los pasos en los que los simuladores juegan un papel clave

técnicas de diferentes diseños para la conversión de combustibles y de otros procesos industriales. Puede aplicarse a procesos que involucren sólidos (carbón, pizarra), o de vapor-líquido. Un diagrama lógico que representa la secuencia de pasos en el diseño de un nuevo proceso y que puede adaptarse fácilmente al análisis y mejora de procesos se muestra en la figura 8.2

Otros programas de simulación muy conocidos son: Aspen Plus, Chevron (balances de materia y energía, de la Chevron Research Corporation), Chips (de la IBM), Cheops (producción de isopreno, óxido de etileno, polipropileno, etanol, etc.; de la Shell Oil Company), Pacer (proceso de ácido sulfúrico por el método de contacto, estireno; de P. T. Shannon), Process (plantas de petróleo, gas, productos químicos, combustibles sintéticos), Simproc, etc.

9.0 DESARROLLO DEL PROYECTO

En alguna etapa anterior, los ingenieros de proceso prepararon la información básica del proceso y sus correspondientes esquemas de flujo y balances de materia y energía, las especificaciones y tamaños del equipo principal y los requerimientos de servicios auxiliares. Ahora sigue la etapa de preparación del diseño de detalle y dibujos constructivos que incluyen plano de localización de equipo, diagramas de flujo, planos de cimentaciones, de tubería, estructurales, eléctricos y requisiciones de compra. Poco después del inicio del trabajo de ingeniería de detalle, se inician las actividades de procuración, que consisten en la adquisición de equipo y materiales, expeditación e inspección. Cuando se tenga completa suficiente cantidad de trabajo de ingeniería y se tengan materiales disponibles, comienza el trabajo de construcción, que comprende todas las actividades de campo desde la preparación del sitio de la obra hasta las pruebas mecánicas, hidráulicas y neumáticas. Finalmente, se tiene el arranque de la planta. La figura 9.1 muestra cuándo ocurren estas actividades, así como su secuencia.

La responsabilidad completa y autoridad para la ejecución del proyecto, incluyendo ingeniería, procura, construcción y arranque, se otorgan generalmente a un jefe del proyecto, quien asume su dirección y coordina el trabajo integrado y las funciones de los muchos grupos de especialistas con el propósito de producir una planta que satisfaga todos los requerimientos del diseño con calidad óptima y a un costo y tiempo de duración mínimos. La administración del proyecto consiste en planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar las numerosas actividades necesarias para diseñar y hacer funcionar una planta, según se desglosan en la tabla 9.1.

La construcción de una nueva planta involucra la conversión de capital de inversión en capacidad de producción, proceso que requiere un firme control administrativo si el proyecto va a rendir un ingreso satisfactorio al propietario de la instalación. La administración de tales proyectos de inversión de capital es difícil y compleja, y requiere que las muchas clases de capacidades individuales se refinen y coordinen estrechamente. Los proyectos de ingeniería son empresas extremadamente intrincadas que se llevan al cabo en un me-

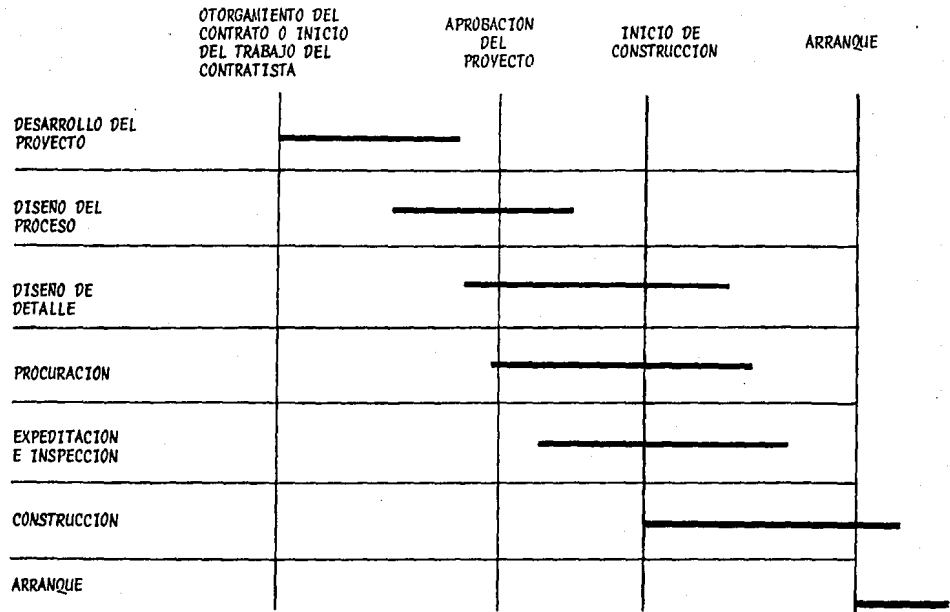


FIG. 9.1 PROGRAMA DE PROYECTO

dio cambiante y algunas veces agitado. Los acontecimientos se mueven con rapidez y la administración del proyecto debe ser positiva, bien informada y expedita.

¿Qué implica crear una planta de proceso -desde la concepción de una idea hasta la instalación de una unidad en operación-? Implica los esfuerzos de miles de gentes pertenecientes a diferentes campos de la ingeniería y otras actividades muy especializadas. La ingeniería de proyecto es una actividad multidisciplinaria. Al poner en marcha un proyecto se deben tener como objetivos iniciar el funcionamiento de una planta en una fecha predeterminada, a un costo preestablecido y de una calidad especificada.

La ejecución de un proyecto comienza con el esbozo de un deseo o idea, seguido por estudios e investigaciones. La idea se desarrolla a lo largo de varias etapas, que son las fases mostradas como parte del proceso de innovación, hasta un plan detallado para un proyecto en particular. En seguida vendrán propuestas o cotizaciones de contratistas de ingeniería y el otorgamiento de un contrato para desarrollar el proyecto.

La concepción, logro y desarrollo de una idea con un alcance industrial constituyen la ingeniería de proyecto, cuyo objetivo es la puesta en marcha de un proceso.

La selección para que una determinada firma de ingeniería ejecute un proyecto, o algunas de sus fases, puede basarse en experiencias obtenidas en otros proyectos, o a través de concursos solicitando propuestas, o investigando el comportamiento de plantas en operación diseñadas por las firmas en consideración.

Normalmente, el cliente determina su preferencia hacia algún tipo de contrato, el que deberá ser congruente con la definición del proyecto y el riesgo implícito. Los tipos más usuales son por administración y a precio fijo, con sus variantes o modalidades.

Elementos de la
Ingeniería
de Proyecto

Desarrollo del Proceso,
Ingeniería Básica,
Ingeniería de Detalle,
Procuración de Equipo y Materiales,
Construcción de la Planta,
Prearranque,
Pruebas y
Arranque

Los contratos de ingeniería contienen la información indicada en la tabla 9.2

9.1 INGENIERIA DE DETALLE

El desarrollo de la ingeniería de detalle consiste en hacer el diseño minucioso detallado de la planta hasta tener planos y dibujos constructivos para la instalación de la unidad.

El diseño desglosado y alcance se muestran en la tabla 9.3

9.2 PROCURACION DE EQUIPO Y MATERIALES

Después del diseño, siguen la procuración de equipo y materiales, y la construcción. La procuración se refiere a la compra y entrega de equipo y materiales para la planta, especialmente de aquellos que pueden implicar largos períodos de entrega y que afectan, consecuentemente, la duración del proyecto. En la práctica, el diseño, la procuración y la construcción se traslapan con frecuencia, avanzando las dos últimas a medida que se van completando varias etapas del diseño y se tiene listos los dibujos, planos y especificaciones correspondientes.

TABLA 9.2 CONTENIDO DE LOS CONTRATOS
DE INGENIERIA

DEFINICIONES:

- Nombres de empresas contratantes, de sus representantes y domicilios
- Abreviaturas y significados usados
- Identificación de anexos que forman parte del contrato

ALCANCE DEL TRABAJO:

- Descripción de la naturaleza y magnitud de los trabajos
- Definición de responsabilidades del contratista y del cliente
- Especificación de los servicios que debe proporcionar el contratista
- Especificación de la información que será entregada al cliente

COMPENSACIONES:

- Precio del contrato, u honorarios a pagar
- Establecimiento de ajustes a las compensaciones por cambios de alcance
- Descripción de gastos a cubrir por el cliente:

Sueldos y salarios
Prestaciones
Sobrecosto
Gastos reembolsables
Impuestos

CONDICIONES DE PAGO

GARANTIAS

INDEMNIZACIONES

CONTROVERSIAS

TERMINACION Y CANCELACION:

- Incumplimiento
- Violaciones
- Cancelaciones

PROGRAMA DEL

PROYECTO

DISPOSICIONES GENERALES:

- Fuerza mayor
- Propiedad de planos y especificaciones
- Uso de patentes
- Ejecución de auditorías
- Notificaciones
- Idioma oficial del contrato
- Legislación aplicable
- Período de tiempo de conservación de información

INGENIERIA DE DETALLE	Diseño de Proceso	<ul style="list-style-type: none"> Plano de localización general de equipo Diagramas de tubería e instrumentos de proceso y de servicios auxiliares Manual de operación Cálculo de líneas Revisión hidráulica Hojas de datos de instrumentos Sistemas de control de proceso Especificación de instrumentos Tableros de control Requisición de materiales de instrumentos Evaluación técnica y económica de equipo
	Diseño de Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> Plantas y elevaciones de tubería Dibujos isométricos de tubería Maqueta constructiva Tubería subterránea Localización de boquillas en torres y recipientes Localización de plataformas y escaleras Requisición de materiales de tuberías Estudio de flexibilidad en líneas Selección de resortes, juntas de expansión, apoyos, curvas de expansión, etc. para líneas Evaluación técnica y económica de equipo
	Diseño de Equipo de Transferencia de Calor	<ul style="list-style-type: none"> Cambiadoras de calor Morros Requisición de materiales Evaluación técnica y económica de equipo
	Diseño Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> Recipientes Torres Reactoras Selección de bombas, compresores, turbinas, grúas, etc. Evaluación técnica y económica de equipo
	Diseño Civil	<ul style="list-style-type: none"> Cimentaciones Estructuras metálicas y de concreto Edificios Drenajes Mecánica de suelos Arquitectónico Requisición de materiales
	Diseño Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Especificación de equipo eléctrico Diagrama unifilar Clasificación de áreas Distribución de fuerza Alumbrado Tierras y apartarrayos Comunicaciones Control eléctrico Centros de control de motores y subestaciones Requisición de materiales eléctricos Evaluación técnica y económica de equipo

FIGURA 9.3 ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES DE INGENIERIA DE DETALLE POR ESPECIALIDAD

La actividad de adquisición de los componentes de una planta se divide en dos grandes grupos: equipos y materiales.

Esta división obedece al hecho que los equipos son determinantes en el proceso, pues de su funcionamiento depende el alcanzar las condiciones de operación y, por tanto, el rendimiento de la planta. La adquisición del equipo se convierte, por consiguiente, en un problema técnico-económico, más que en uno meramente comercial. Ya que los equipos son, en general, unidades complejas en diseño y fabricación, deben seleccionarse según criterios de ingeniería.

La adquisición de materiales, por otra parte, presenta un tipo especialmente de problemas relativos a su control, debido a la gran cantidad de partidas detalladas que deben vigilarse desde los preparativos para su adquisición hasta su instalación en campo.

La adquisición de equipo y materiales se divide en cuatro fases cuyo alcance se muestra en la tabla 9.4. La información que afecta el desarrollo de actividades se resume en la tabla 9.5.

9.3 LA LEY DE OBRAS PUBLICAS

Dada la gran magnitud económica que representa la inversión pública en México, es importante que los contratistas que trabajan para el sector gubernamental conozcan el alcance de la legislación enmarcada en la Ley de Obras Públicas, misma que entró en vigor el 1° de enero de 1981. Esta Ley busca "...imprimir uniformidad y congruencia entre las fases de planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento, demolición y control de la obra pública, ...", quedando sujetas a las disposiciones correspondientes todas las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

Su propósito es "la regulación del gasto y de las acciones para la obra pública, la que está constituida por los trabajos que tienen por objeto mejorar y utilizar los recursos agropecuarios del país, así como los de explotación, localización, perforación, extracción y aquellos similares que se realizan para la explotación y desarrollo de los recursos naturales que se encuen-

TABLA 9.4 ETAPAS DE LA PROCURACION
Y ALCANCE

PROCURACION DE EQUIPO Y MATERIALES	1. Compra de equipo y materiales	{ 1.1 Solicitud de cotizaciones 1.2 Elaboración de tabulaciones 1.3 Colocación de pedidos 1.4 Adquisición de materiales de rutina
	2. Inspección	{ Control de calidad Programa de fabricación Avance de fabricación Cumplimiento con normas de fabricación Pruebas en taller
	3. Expeditación	{ Programa de fabricación Entrega y aprobación de dibujos de fabricante Entrega de equipo y materiales
	4. Tráfico	{ Trámite de embarque Supervisión Entrega en planta

- 1.1 Requisición. Solicitud formal de cotizaciones a los proveedores.
Cotizaciones. Respuesta de los proveedores a la solicitud de precios.
- 1.2 Tabulación. Estudio objetivo de todas las cotizaciones recibidas sobre un bien en particular y su comparación. Particularmente importantes son los siguientes conceptos a evaluar aquí: precios, escalación, tiempo de entrega, términos de pago, asesoría durante el arranque (compresores, turbinas de gas, etc.), garantías y condiciones generales de compra (lugar de entrega del equipo, aprobación y entrega de dibujos de fabricante, instructivos, tipo de embarque, etc.).
- 1.3 Orden de compra. Pedido formal enviado al proveedor seleccionado.
2. Inspección. Examen de los materiales durante la fabricación y hasta su término para asegurarse la más alta calidad.
3. Expeditación. Activación, por parte del comprador, del avance de fabricación del equipo.

TABLA 9.5 DATOS PRELIMINARES QUE
AFECTAN LA PROCURACION

1. Fecha más temprana en que el equipo y los materiales pueden recibirse en campo,
2. Materiales básicos de construcción disponibles en el área,
3. Vías férreas de interconexión y puntos cercanos con comunicación a carreteras,
4. Principales carreteras,
5. Localización de áreas urbanas próximas,
6. Equipo industrial disponible en el área y requerido para la erección de la planta,
7. Talleres industriales en el área adecuados para reparación, mantenimiento o abastecimiento de partes para equipo de construcción, y
8. Espacio para almacenamiento de equipo de planta y de materiales de construcción

tran en el suelo o en el subsuelo y otros para la construcción o conservación de bienes destinados al servicio público".

La ley comprende lo relativo al registro de contratistas, convocatoria para la celebración de concursos, contratación y ejecución de obras, verificación del gasto, infracciones y sanciones, recursos contra resoluciones, etc.

10.0 EJECUCION FISICA DEL PROYECTO CONSTRUCCION

10.1 Contratación.

La función de esta fase es tomar los dibujos y planos constructivos elaborados durante la ingeniería de detalle y los equipos y materiales suministrados durante su procuración y producir una planta que funcione. Todo lo que se haya detallado en especificaciones, planos y dibujos se instala ahora en su lugar.

La mayor parte de los contratistas de ingeniería que proveen servicios de construcción deben prepararse para trabajar sobre una base nacional e internacional, simplemente porque no hay suficientes contratos en su área local para apoyar sus actividades. Ya que el contratista trabaja en muchos lugares diferentes, frecuentemente le es ventajoso subcontratar algo del trabajo de construcción a contratistas locales.

Es raro que el cliente o dueño del proyecto actúe como su propio contratista. En tales casos el cliente mismo contrata el trabajo de construcción, adquiere los materiales necesarios y el equipo de planta y provee el equipo requerido de construcción, la supervisión de campo y el control administrativo. Pocos clientes eligen hacer su propia construcción. Muchos estudios han revelado insistentemente, según R. H. Clough, que la mayoría de los clientes no pueden llevar al cabo el trabajo de construcción en campo tan bien o tan barato como los contratistas profesionales. Sólo cuando el cliente ejecuta un volumen continuo y apreciable de construcción y aplica las técnicas más modernas de control administrativo en campo es genuina y económicamente factible para él dirigir sus propias operaciones de construcción.

El procedimiento más común para ejecutar la construcción es que el cliente contrate a un contratista profesional de construcción. Cuando se procede así, la adquisición de materiales y equipo de planta se hace normalmente parte del contrato de construcción, y el contratista es, consecuentemente, responsable de esta función. Bajo algunas circunstancias, sin embargo, el

cliente, o bien la firma de ingeniería, se encarga de la adquisición de ciertos equipos directamente del fabricante y el contratista provee el resto.

El procedimiento de selección del contratista es, en general, el descrito en el capítulo 9.0. El cliente recibe una cotización o propuesta escrita de varios contratistas que compiten por el otorgamiento del contrato, el que se asigna al del precio más bajo, pero también considerando la capacidad y calidad técnica, los costos de operación, consideraciones de mantenimiento, costo inicial, solvencia económica, antecedentes favorables, etc.

El tipo de contrato puede ser uno de los ya mencionados: por administración (honorarios fijos, por porcentaje, con máximo garantizado, cláusula por incentivos), a precio alzado, o de precios unitarios.

Además de los problemas técnico-administrativos inherentes a la construcción, sobre ésta inciden las omisiones, errores y atrasos de las actividades precedentes mostradas en la figura 9.1. La coordinación adecuada entre ellas, especialmente las de ingeniería y el abasto de materiales, deben tender a eliminar los problemas potenciales.

El cumplimiento del programa de construcción se ve afectado por los factores señalados en la tabla 10.1.

10.2 Supervisión de construcción.

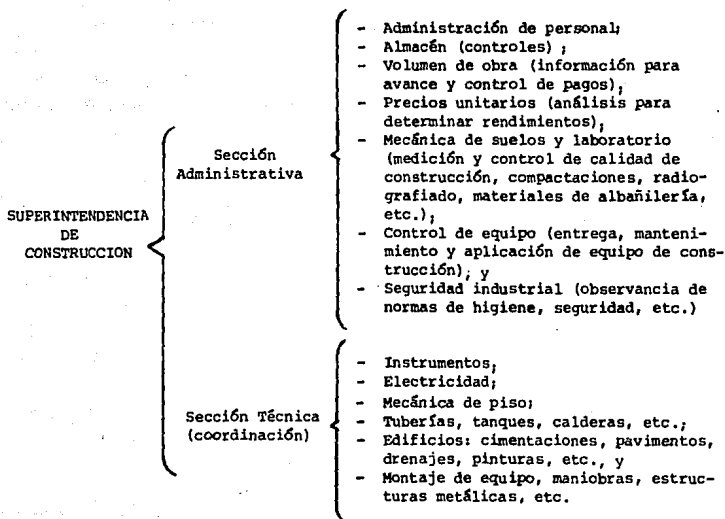
Esta actividad consiste en realizar la tarea de enlace entre el constructor y la firma de ingeniería para resolver problemas constructivos vinculados a los planos, dibujos, normas y especificaciones de diseño. Se vigila también la llegada al campo o lugar de la obra del equipo y materiales, así como su almacenamiento adecuado.

Esencialmente, el control técnico y administrativo de la construcción es responsabilidad de un grupo supervisor de construcción, según se ilustra en la tabla 10.2.

TABLA 10.1 FACTORES QUE INCIDEN SOBRE UN PROGRAMA DE CONSTRUCCION

- Asignación de recursos económicos destinados a la obra, según el programa;
- Calidad de la ingeniería;
- Control de calidad de equipo y materiales;
- Cumplimiento del programa de ingeniería de detalle ;
- Cumplimiento del programa de abasto de materiales ;
- Capacidad técnica, administrativa y económica del contratista, y
- Capacidad del grupo supervisor de la construcción (revisión, cumplimiento con especificaciones, dibujos y planos, negociar desviaciones, etc.)

TABLA 10.2 ORGANIZACION Y FUNCIONES DE UN GRUPO SUPERVISOR DE CONSTRUCCION (SUPERINTENDENCIA DE CONSTRUCCION)



10.3 Planeación.

La primera-etapa en cualquier proyecto es preparar el lugar de la obra. Esto puede requerir la instalación de caminos de acceso y la nivelación del área, o puede implicar la demolición de edificios existentes y la eliminación de obstrucciones en el subsuelo. Sigue la construcción de instalaciones temporales, tales como oficinas, almacenes, sanitarios, carreteras y las redes de energía y agua para la construcción.

Se procede luego a la construcción de instalaciones permanentes con la excavación para cimentaciones, tubería subterránea y ductos, siguiendo con la instalación de las cimentaciones de concreto, la tubería y el cableado de ductos. Hecho lo anterior, ya se está en condiciones de recibir el equipo e iniciar la construcción de estructuras metálicas. El trabajo de construcción debe planearse alrededor de la erección de equipo y recipientes pesados. Algunas veces hay cimentaciones y equipo que no pueden instalarse hasta que ciertos equipos y cimentaciones estén en su lugar, como vías férreas (para accesos), torres o reactores pesados, etc. A fin de cumplir con estas previsiones, el colado de las cimentaciones de equipo pequeño puede dejarse hasta más tarde.

Cuando el equipo se ha montado y se han instalado las estructuras metálicas, se sigue con la tubería y el tendido eléctrico. El trabajo de tubería abarca casi la mitad del trabajo de campo para la mayor parte de las plantas de proceso. Se instala primero la tubería de mayor diámetro, seguida por la menor y luego por la de instrumentos y obra eléctrica. Cuando hay suficiente tubería y equipo instalados, se comienza con el aislamiento y pintura.

Debido al alto costo del trabajo de construcción y al equipo requerido, es importante que el trabajo de construcción se planee en detalle para conseguir el uso más eficiente de ambos. Esta planeación deberá revisarse continuamente y modificarse debido a las condiciones cambiantes en el campo. Por ejemplo, el trabajo de campo se afecta radicalmente por las condiciones climatológicas, la disponibilidad de albañiles locales y la entrega de equipos y materiales críticos. Debido a lo anterior, el trabajo de construcción lleva el riesgo más grande de cualesquiera otras actividades emprendidas por un contratista.

11.0 INICIO DE PRODUCCION

PROBLEMAS Y DIFICULTADES

Cuando el arranque de una planta enorme y cara está plagado de problemas, se tendrán grandes costos adicionales por materia prima y servicios auxiliares desperdiciados, horas-hombre de ingeniería, revisiones de equipo, daños intangibles como pérdidas de mercado a favor de competidores porque no se dispone del producto para la venta.

Nunca antes la presión económica para arrancar rápidamente una planta química ha sido tan intensa en mercados de competencia. Nunca ha sido tan difícil el trabajo de arranque como ahora.

Más todavía; además de ser más grandes, las plantas modernas son mucho más complejas en su proceso y control: altas presiones y temperaturas, en medios altamente corrosivos y con reacciones y corrientes de recirculación complicadas. Al menos esa fue la tendencia hasta hace algún tiempo, particularmente en nuestro medio.

Cuando los procesos eran mucho más simples y las especificaciones de producto menos exigentes, la regulación sencilla de flujo, presión y temperatura era suficiente para controlar los procesos. Ahora, sin embargo, el control depende de la regulación de impurezas en partes por millón y el mantenimiento de la calidad del producto de índices tales como la distribución de masa molecular. El control depende, por tanto, más frecuentemente de instrumentos analizadores automáticos que fallan con más probabilidad durante un arranque de planta. Esto agrava las dificultades del arranque porque es cuando más se necesitan los análisis y cuando los servicios de un técnico especializado son más difíciles de tener a la mano.

El objetivo real de un grupo de arranque es recuperar el dinero desembolsado en el menor tiempo posible. Esto se ha vuelto más importante que antes simplemente porque ahora hay muchísima inversión que recobrar.

Cualquier cosa acerca de las modernas plantas químicas es grande: el equipo, la capacidad y la inversión. Esta es la razón por la cual el tener una planta parada puede costar hasta varios millones de pesos diarios. De acuerdo con Baasel, los costos de arranque varían generalmente del 5 al 10% del costo total del diseño y construcción para procesos establecidos, y, según Matley, del 10 al 15% para pro

TABLA II.1 LISTA DE PREPARATIVOS GENERALES
PARA ARRANQUE

MANTENIMIENTO.

Formación de la organización o grupos
Integración y establecimiento de talleres
Partes de repuesto y materiales en ubicación
Herramientas especiales y procedimientos
Procedimientos establecidos de inspección de equipo
Chequeos adecuados y lubricantes a la mano
Instruccionos de fabricante de equipo ordenados

INSPECCION.

Internos y empacques de recipientes
Tubería según diagrama de tubería e instrumentos
Areglo del equipo para acceso y operación
Limpieza de tubería crítica
Alimentación, venas de vapor, etc.
Filtros temporales y tapas ciegas instaladas
Precauciones para muestreo

PRUEBAS DE PRESION, LIMPIEZA, BARRIDO, SECADO Y PURGADO.

Prueba de presión en tubería y equipo
Barrido y limpieza en tubería y equipo
Barrido y limpieza en tubería y equipo
Drenaje de agua para evitar congelación, corrosión, etc.
Soplado de tubería
Prueba de continuidad con aire
Placas de orificio (instalar después de revisar barrenos y localización)
Secado
Purgado
Pruebas de vacío
Expansión y apoyos de tubería (revisar desplazamientos libres)

SERVICIOS AUXILIARES.

Energía eléctrica y alumbrado
Revisión de continuidad
Ajuste de diámetros en subestaciones
Alimentación y seguridad
Muestreo y revisión del aceite de transformadores

Tratamiento de agua.

Carga de lechos de filtros
Carga de intercambiadores iónicos
Sistemas de inyección de reposiciones

Agua de enfriamiento.

Barrido de cabezales de entrada, rúmeles y líneas de retorno
Drenaje para evitar congelación, corrosión, etc.
Limpieza de la fosa o pileta de la torre
Ajuste de ventiladores de la torre

Aire de Servicios

Limpieza del cabezal de aire por soplado
Mantener el agua drenada
Carga de desecantes y sacado del cabezal

Drenaje Subterráneo

Limpieza y hermeticidad
Instalación de sellos

- 2 -

Vapor

Procedimientos de calentamiento de líneas
 Soplado de cabezales principales y ramales

Condensado

Diseño inicial a drenajes
 Revisión de operación de trampas de condensado

Gas Inerte

Identificación e instalación de avisos
 Soplado de líneas con aire
 Bloqueado y purgado

Combustibles

Identificación e instalación de avisos
 Líneas de soplado de aire
 Bloqueado y purgado

LABORATORIO DE CONTROL.**Organizado y equipado**

Pubicación del programa de muestreo
 Especificaciones para todos los productos y materias primas
 Criterios para retención de muestras

EQUIPO.**Calentadores a fuego directo**

Revisión de instrumentos y controles
 Secado del refractario

Esfuerzos de torsión sobre equipo

Motores eléctricos
 Rotación
 Secado
 Pruebas sin carga

Equipo de vacío

Prueba de operación

Bombas

Ajuste de alineación en operación

Alineación en caliente de maquinaria

Medición de vibraciones
 Instrumentos
 Soplado con aire limpio
 Secado
 Revisión de continuidad y ajuste
 Calibración

Limpieza Química

Activación
 Pasivación
 Enjuague

- 3 -

Accionadores de turbinas de vapor

Revisión de sistemas de enfriamiento y de lubricación auxiliar
 Revisión de la instrumentación y del control de velocidad
 Pruebas sin carga
 Pruebas a baja carga

Accionadores de Motores de Gas.

Revisión de sistemas de enfriamiento y de lubricación auxiliar
 Instrumentos
 Pruebas a baja carga

Accionadores de turbinas de gas

Limpieza del sistema aceite de lubricación-gobernador-velocidad
 Revisión de la instrumentación y control de velocidad
 Sistema de recuperación auxiliar de calor

Compresores centrífugos

Limpieza de los sistemas de lubricación y de sellos
 Revisión de la instrumentación y controles
 Operación preliminar de los sistemas de aceite de lubricación y de sellos
 Operación con aire

PREPARATIVOS DE OPERACION.**Eléctricos de campo ("volantes")**

Herramientas manuales, mangueras y escaleras a la mano
 Contenedores, bales, tambores y furgones o espaldas de ferrocarril disponibles
 Papelería diversa (Ordenes de Trabajo, Reguideraciones, etc.) a la mano

SEGURIDAD.

Apas de protección, antojos, protectores de la cara, cascotes, guantes, mascarillas de gas con tanques de repuesto, mantos, cubiertas y equipo autónomo de respiración a la mano

Procedimientos escritos de seguridad para evacuación, entrada a recipientes, permites para trabajar a alta temperatura y para excavaciones

Asistencia médica y de primeros auxilios disponibles

Botiquín de primeros auxilios, sábanas, antidotos, resucitadores y camillas a la mano

Revisión de instalaciones y de ajustes de válvulas de seguridad

PROTECCION CONTRA INCENDIO.

Trajes de asbesto, hachas, escaleras, extinguidores portátiles, mangueras, llaves y boquillas a la mano

Procedimientos planeados para combatir incendios

Equipos químicos a la mano

Organización de brigadas

cesos relativamente nuevos, y del 15 al 20% para los radicalmente povedosos.

Los estimados de costo de arranque se relacionan generalmente con el costo total del diseño y construcción de las plantas. La variable que más afecta al costo de arranque es su duración. Esto, a su vez, está ligado a lo novedoso del proceso y del equipo, tamaño de la planta, complejidad del proceso e interrelación de la planta con el resto del complejo del que forma parte.

11.1 INSPECCION Y PRUEBAS

Antes de que una planta esté lista para iniciar su operación, aunque sea la inicial, primero tiene que ser rigurosamente inspeccionada y probada, completamente limpiada, lavada y, finalmente, secada, purgada y drenada.

A medida que la construcción llega a su término, la inspección y pruebas llevadas al cabo por los grupos de especialistas -tales como instrumentistas, eléctricos, etc.- y el de mantenimiento se complementan con los de operación.

Mientras que las primeras conciernen principalmente a la instalación y funcionamiento de equipos particulares (alineación de bombas, rotación de motores, vibración en compresores, ajustes de alarmas, etc.), las últimas están encaminadas a la revisión de los detalles de construcción, la que debe ser completa y rigurosa.

Ya que el propósito de la inspección es anticipar tantas fallas como sea posible, ésta debe hacerse desde el principio hasta el fin, lo cual se puede facilitar mediante la elaboración de una lista general, como la presentada en la tabla 11.1. Para asegurarse de que la inspección va a ser integral, se procede a elaborar listas detalladas, de las que la tabla 11.2 es un ejemplo.

La inspección y pruebas necesitan planearse y programarse de manera que queden vinculadas con las actividades de la construcción. La inspección de recipientes, torres y reactores, por ejemplo, debe programarse para que se termine antes de que el grupo de construcción los haya cerrado. La inspección de tubería, aislamiento, etc., puede dejarse para después.

Todas las deficiencias y omisiones detectadas en la inspección deben presentarse al responsable de la construcción para su corrección. Una forma de manejarlas es mediante una lista asociando cada error o deficiencia al equipo correspondiente, como se ve en la figura 11.1

TRABAJO N°	EQUIPO	CONSTRUCCION BASICA TERMI NADA	ACEPTACION PARA ARRAN QUE	PRUEBA DE OPERACION	SOLICITUD DE ACEPTACION PARA OPERA-- CION NORMAL	ACEPTACION PARA OPERA CION NOR-- NAL.	FALTANTES POR TERMI NAR	ACEPTACION FINAL
G-1001	Compresor Tem poral de CO ₂ GB-101.	01.12.86	05.01.87	08.01.87	14.01.87	18.01.87	NO	28.03.87
P-5002	Paquete de Aire de Saca do de Instru mentos, PA-500	22.12.86	04.02.87	15.03.87	22.03.87	28.03.87	Ver Anexo I	16.02.87
T-5003	Torre de En friamiento N° 3, 70-300.	17.11.86	19.11.86	19.01.87	19.01.87	28.01.87	Ver Anexo II	16.02.87

Figura 11.3 Las irregularidades durante el prearranque se pueden corregir oportunas y completamente si se controlan cuidadosamente.

Las pruebas de funcionamiento u operación de equipo principal, como hornos, compresores, bombas, etc., deben dirigirse por el fabricante, de modo que los especialistas de mantenimiento se familiaricen con el equipo y certifiquen los resultados de las pruebas.

Desafortunadamente, las listas no pueden sustituir el criterio, el buen juicio, la experiencia ni el trabajo persistente, por lo que una planta con deficiencias en el montaje y la integración puede entorpecer el avance de un arranque ordenado por haber descuidado detalles importantes.

Las causas de los atrasos en el arranque se pueden agrupar en cuatro categorías: errores de diseño, deficiencias en la construcción, fallas en el equipo y errores de operación. Por su parte, Holroyd ha clasificado las causas de los problemas de arranque así: deficiencias del equipo, 61%; errores de diseño, 10%; errores de construcción, 16%, y errores de operación, 13%. Matley apunta que existen informes de otros autores, como Finneran, Sweeney y Hutchinson, cuyos resultados muestran cifras muy cercanas a las de Holroyd.

Para que un arranque tenga realmente éxito no es suficiente que se resuelvan estos problemas a medida que ocurran o que se hagan evidentes; deben anticiparse y no dejarlos aparecer.

La manera de lograr este objetivo es que un buen arranque cuente con los tres elementos siguientes:

un equipo de personal capaz y eficientemente organizado y adiestrado integralmente,

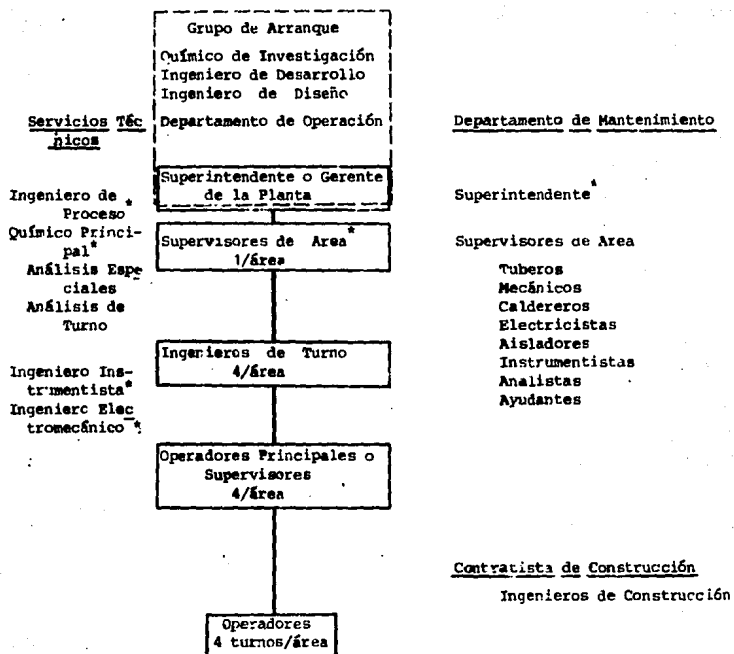
una planeación y programación cuidadosamente detallada, y

completa comunicación entre todas las disciplinas involucradas en el arranque.

En estos elementos se encuentran implícitas las cinco claves para el arranque exitoso de una planta: experiencia, organización, planeación, adiestramiento y comunicación.

Organización del arranque. Una forma en que frecuentemente se organiza un arranque cuando éste está a cargo de la compañía dueña del proyecto se muestra en la figura 11.2. Excepto para la asignación de ingenieros de turno y la adición de un grupo o comité de arranque, la operación normal se organiza como se indica.

El grupo de arranque debe estar compuesto de las personas que investigaron, des



* Incluido en el grupo o comité ampliado de arranque

Figura 11.2 Organización del arranque por la compañía operativa. El grupo de arranque puede ser el mismo que el de la operación normal, excepto por las adiciones especiales de la organización del arranque.

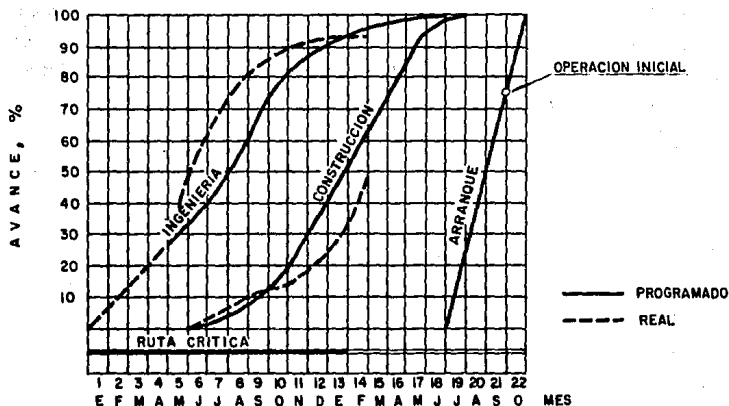


Figura 11.3 Estas curvas sirven de base para toda programación, como la asignación de especialistas (cargas de trabajo), contratación de operadores, etc.

arrollaron y diseñaron el proceso (un químico de investigación, un ingeniero de desarrollo y otro de diseño) y la persona que está a cargo del arranque.

Programación del arranque. Cuando se está arrancando una nueva planta, siempre habrá problemas, sin importar qué tan cuidadosamente se diseñó y construyó. Las fallas, por tanto, deben anticiparse. Pero, debido a que no pueden detectarse de antemano una por una, se deben hacer planes para enfrentárseles cuando aparezcan.

Un programa establece objetivos, y asegura que se hará el trabajo preparatorio para lograrlos. Debe prepararse en detalle y planeado hacia un futuro tan lejano como sea posible, de modo que todo involucrado en el arranque sepa lo que se espera de él. También debe ser intencionalmente optimista, o sea, basado en la suposición de que todo irá bien.

Una vez que se inicia la construcción, el primer objetivo del jefe o gerente del arranque es programar la formación del grupo de arranque. Un auxiliar valioso es la figura 11.3 basada en la programación de la ruta crítica. Un estimado de la duración del arranque se basa en la experiencia con procesos similares y en plá-

ticas con el ingeniero de diseño sobre aspectos poco comunes del proceso.

Durante los arranques de plantas aparecen los errores y omisiones originados en las etapas anteriores: ingeniería, fabricación de equipo y materiales, y construcción, así como los inherentes al arranque; lo que agravará lo anterior es la presión de iniciar la operación normal por parte de la firma propietaria del proyecto.

Una de las actividades a realizar cerca del fin de la fase de construcción es la prueba de presión en equipo y líneas para detectar fugas. Esto se hace con agua, aire, o vapor. La sección a probar se bloquea y el fluido de prueba se introduce al sistema hasta alcanzar la presión especificada de prueba, luego se deja el sistema por un número de horas. Si la pérdida de presión es menor de 13.8 kPa/h (0.14 atm/h), se considera aceptable; si es mayor, se repara la fuga y el sistema se vuelve a probar.

Antes del arranque se deben inspeccionar concienzudamente los equipos y líneas de tuberías, inspección que se hace con ayuda de los diagramas de tubería e instrumentos y poniendo particular atención a los puntos señalados en la tabla 11.3. Para asegurarse que la inspección se hace total y satisfactoriamente, se preparan formas o listas para cada equipo y línea, como la mostrada en la tabla 11.2.

Por otro lado, antes de poner en marcha la operación normal de la planta se deberán ejecutar los servicios indicados en la tabla 11.5, de manera que las tareas a revisar durante el inicio normal de la operación se efectúen sin contratiempos.

LIMPIEZA Y LAVADO

Las pruebas de presión en tanques, reactores y tubería se efectúan para asegurarse de su resistencia mecánica y de la hermeticidad de sus juntas, pruebas que se hacen por la compañía constructora. Sin embargo, un representante de la firma operativa debe certificar las pruebas y cerciorarse de que durante las mismas se observaron todas las precauciones necesarias para la protección de personal y equipo.

Antes de que se inicie el lavado, el proceso debe revisarse completamente para asegurarse de que se instalaron coladeras o filtros temporales en el lado de la aspiración o admisión de bombas y juntas ciegas en equipos tales como compresores, y de que los "brincos" de líneas o desvíos permitan la continuidad del flujo.

LISTAS DE INSPECCION DE CAMPO

PARA: _____

TRABAJO NO.: _____

LOCALIZACION: _____

PAGINA: _____ DE: _____

<u>Nº</u>	<u>COMPRESOR DE AIRE</u>	<u>CONSTRUCCION</u>	<u>OPERACION</u>	<u>DISEÑO</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
	ANTES DE ARRANCAR EL COMPRESOR				
1.	¿La tubería de aceite y aire y el arreglo del interenfriador están de acuerdo a dibujos de fabricante?				
2.	¿Las juntas de expansión de fabricante están correctamente instaladas?				
3.	¿Se eliminaron las tapas ciegas del arranque?				
4.	¿Las alarmas de nivel en tanques separadores actúan en los valores de ajuste?				
5.	¿La tubería entre etapas se limpió e inspeccionó?				
6.	¿Los cojinetes de bolas tienen sus venteos ?				
7.	¿Está el filtro del aire y su coladera correctamente instalados?				
	DESPUES DE ARRANCAR EL COMPRESOR				
8.	¿La temperatura de los cojinetes es la normal después de arrancar el compresor?				
9.	¿Se probó la hermeticidad de las juntas?				
10.	¿Se registraron diariamente las vibraciones durante el arranque?				

ACTIVIDADES	NUMERO DE DIAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Introducir el gas de carga al reformador primario y aumentar temperatura.	■															
Apagar el reformador secundario y active el convertidor de cambio de temperatura.	■															
Iniciar el flujo de gas a través del absorbedor y bloquear el sistema.		■														
Activar el metanador.			■													
Activar el convertidor de cambio de baja temperatura.			■	■												
Alinear los compresores de refrigerante y de gas de síntesis.				■	■	■	■	■								
Arrancar compresores de refrigerante y de gas de síntesis, el convertidor de calor e inspeccionar si hay fugas.									■							
Reducir y activar el convertidor de amoníaco y enviar el primer producto a almacenamiento.										■	■	■	■	■		
Aumentar el flujo de la carga hasta 100% y la producción a 1 000 ton/día.															■	■

FIGURA 11. 4 PROGRAMA DE OPERACION DEL ARRANQUE

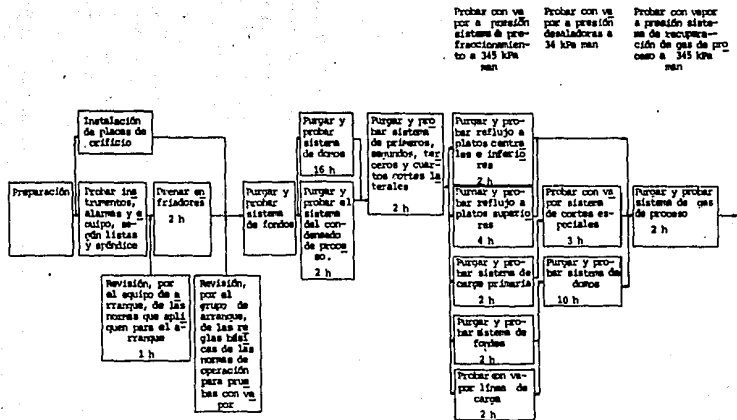


Figura 11.5 Diagrama de bloques para la preparación del arranque de una parte de la sección atmosférica de una planta de destilación combinada de petróleo crudo

Tabla 11.1 Medidas para detectar errores y omisiones

1. Nombramiento, con suficiente anticipación, de los grupos de pruebas y arranque de operación y de mantenimiento de la planta. Los ingenieros a cargo del arranque deberán entrar en escena por lo menos 3 ó 4 meses antes de que la construcción haya concluido. Una de las tareas más importantes es la elaboración del manual de operación, el que deberá haberse concluido a tiempo para el inicio del adiestramiento de los operadores. El contenido típico de un manual de operación se muestra en la tabla 11.7
2. Estudio de la información del proyecto por parte de los grupos mencionados anteriormente.
3. El grupo de pruebas y arranque debe permanecer en campo desde que se inician el montaje del equipo y sus pruebas.
4. La entrega de los equipos de la planta, del grupo de construcción al de arranque, se va haciendo paulatinamente, pero el primer grupo debe estar pendiente de los problemas que se presenten para auxiliar al de operación.
5. Los cambios hechos al diseño por el grupo de operación deben ser los mínimos a fin de que se puedan implantar expeditamente por el de construcción.
6. Las pruebas y puesta en marcha del equipo deben efectuarse según las instrucciones del fabricante.

El lavado puede hacerse por áreas, como las secciones de preparación de carga, de reacción, de regeneración, de calentamiento y de fraccionamiento. Las secciones demasiado voluminosas (por ejemplo, líneas de más de 762 mm de diámetro), o en las que no debe usarse agua porque después contendrán reactivos (como las de reacción y de regeneración de catalizador), deben soplarse completamente con aire o con gas inerte.

Ya sea que las líneas se limpien con aire, vapor, o agua, las velocidades de flujo deben ser suficientemente altas para que las tuberías se limpien adecuadamente a chorro y para que las partículas, residuos o fragmentos no sean simplemente llevados de un equipo a otro. La velocidad de agua debe ser al menos de 3.6 m/s, y la del vapor o aire, de 61 m/s, según Matley.

Para cerciorarse de que el apriete de las bridas durante el lavado asegura su hermeticidad, la planta se puede someter a una prueba de presión final.

11.2 PREPARATIVOS FINALES

La última etapa de preparación para el arranque consiste en simular operaciones, la primera de las cuales se hace con fluidos no peligrosos: aire, o gas inerte, y

**TABLA 11.4 PUNTOS IMPORTANTES A INSPECCIONAR
EN EL PRE-ARRANQUE**

- Revisar que no haya trabajos pendientes de soldadura;
- Revisar que todas las bridas estén correctamente atornilladas;
- Revisar que todas las bombas y compresores tengan instalados filtros temporales en las líneas de succión para evitar daños causados por partículas (óxido, polvo, etc.) al operar el equipo;
- Inspeccionar todos los recipientes y torres internamente para asegurarse que estén limpios y en orden;
- Revisar cada una de las válvulas de seguridad para asegurarse que no estén bloqueadas con juntas ciegas. Las válvulas se deben calibrar antes de instalarse, y
- Revisar que las válvulas de purga y de venteo estén cerradas.

**TABLA 11.5 SERVICIOS DE PRUEBAS PREVIOS AL
ARRANQUE**

- Selección de circuitos de pruebas, incluyendo líneas y equipos que funcionarán a condiciones similares de presión y temperatura;
- Elaboración de listas de inspección para la recepción de equipo y materiales en campo;
- Instrucciones para lavado y pruebas hidrostáticas y neumáticas de líneas y equipo;
- Instrucciones para limpieza de equipos y líneas especiales;
- Revisión de circuitos de control;
- Calibración y prueba de instrumentos;
- Verificación de sistemas de protección;
- Pruebas de motores eléctricos, líneas de conducción, subestación, transformadores y centros de control, y
- Pruebas de bombas y compresores.

Tabla 11.6 Medidas que minimizan los problemas durante un arranque

1. Soplar a través de todas las líneas, quitando las placas de orificio y válvulas de control.
2. Circular aceite ligero o agua por el equipo y líneas, haciendo entrar en operación todos los controles de flujo y nivel.
3. Hacer funcionar todos los instrumentos de control manual durante los inicios del arranque hasta que las condiciones se uniformicen y los flujos lleguen al 30% de la capacidad. Se deberán tener disponibles los técnicos instrumentistas las 24 horas hasta que todos los instrumentos estén funcionando correctamente.
4. Periódicamente revisar las instalaciones buscando posibles bolsas de agua; drenar en puntos bajos. Calentar lentamente a razón de de 10 a 20C/h hasta cerca del punto de ebullición del agua a la presión del sistema. Continuar la circulación a esa temperatura durante casi una hora y calentar a razón de unos 4 a 10C/h; y
5. Durante el arranque inicial, la carga se deberá aumentar lentamente hasta casi el 50% del flujo de diseño. Cuando la planta esté funcionando uniformemente, cuando todos los instrumentos estén en control automático y cuando todos los productos satisfagan las especificaciones correspondientes, el flujo se aumenta por pasos hasta la capacidad de diseño.

agua.

Si la planta manejará por sí misma sus servicios auxiliares (agua de enfriamiento, generación de gas inerte, tratamiento de agua para calderas, generación de vapor, etc.), éstos tendrán que ser los primeros en ponerse en operación. Una vez que todas las partes principales de las plantas están en operación en la secuela apropiada, el jefe del arranque debe hacer un programa de barras, como el de la figura 11.4

El agua debe bombearse por todo el proceso -excepto donde las condiciones especiales no lo permitan- y hervida en las columnas. Los compresores y soldadores deben hacerse funcionar con aire, o gas inerte.

El valor de esta simulación es permitir que los operadores se familiaricen con el proceso antes de que las sustancias peligrosas se introduzcan en él. Por esta razón, la simulación debe ser pausada, lenta y programada para varios días de manera que todos los turnos puedan participar en ella.

Deben detectarse fugas y fallas de hermeticidad. Muchos instrumentos pueden ponerse en servicio, aunque la selección de los puntos de ajuste puede diferirse. Se de

TABLA 11.7 CONTENIDO TÍPICO DE UN MANUAL DE OPERACION.

CARATULA.

INDICE DEL CONTENIDO.

- | | | | |
|------------|--|------------|---|
| SECCION 1. | <p>Descripción General.
 Tipo, propósito y capacidad de la planta
 Bases de diseño para la carga y productos (calidad y cantidad).
 Descripción General del Proceso.
 Descripción detallada del flujo a través de la planta.</p> | SECCION 6. | <p>Paro de Emergencia.
 Procedimientos detallados y precauciones a seguir en caso de fallas de energía, de equipo, de servicios auxiliares, fuego, etc.</p> |
| SECCION 2. | <p>Condiciones y Controles de Operación.
 Variables del proceso y sus efectos en la operación.
 Aspectos especiales de operación y control.
 Datos técnicos diversos.</p> | SECCION 7. | <p>Seguridad.
 Descripción del equipo y sistemas de seguridad: controles, paros, alarmas, etc.
 Sistema contra incendio.
 Manejo de materiales tóxicos, inflamables y volátiles; su almacenamiento.
 Preparación de recipientes para entrada de personal.
 Equipo de seguridad.</p> |
| SECCION 3. | <p>Preparación de la Planta para el Arranque Inicial.
 Procedimientos de prearranque:
 Arranque de bombas, compresores y sopladores.
 Secado de hornos.
 Barrido de Líneas.
 Carga de catalizador.
 Prueba en vacío.</p> | SECCION 8. | <p>Dibujos y Planos (reducidos).</p> |
| SECCION 4. | <p>Arranque.
 Descripción detallada del procedimiento.
 Precauciones especiales.
 Activaciones del catalizador.</p> | SECCION 9. | <p>Apéndice.
 Propiedades físicas de las sustancias del proceso.
 Instrucciones especiales de operación proporcionadas por el fabricante del equipo.
 Mantenimiento normal del equipo.
 Pruebas analíticas de control de laboratorio requeridas en operación normal.</p> |
| SECCION 5. | <p>Paro Normal.
 Plan programado para sacar la planta de operación.
 Limpieza.
 Preparación para mantenimiento e inspección.
 Procedimientos especiales (regeneración de catalizador, decoquizado de hornos, etc.)</p> | | |

be estar alerta para descubrir evidencias de errores de diseño y construcción no encontrados en la inspección y pruebas anteriores.

Ya que el proceso no se diseñó para operar con aire o agua, se deberá ser especialmente cuidadoso para no dañar el equipo, recordando todas las limitaciones del diseño, incluyendo las máximas condiciones de presión y temperatura, y los valores de ajuste de discos de ruptura y válvulas de seguridad.

Al final de la simulación, el agua se drena, el equipo se seca y limpia, según se requiera.

El siguiente paso, que puede considerarse todavía otra simulación o el inicio del arranque, es introducir el solvente de proceso. Si el proceso involucra más de un solvente, sólo uno de ellos se introduce ahora, caso en que esta fase se parece más a otra simulación.

Cada paso a partir de esta etapa hasta el final del arranque es cuidadosamente planeado. Un diagrama de bloques, como el de la figura 11.5, ayuda a asegurarse de que nada se omitirá y de que cada paso se realizará en la secuencia adecuada.

Los pasos que precedieron al arranque fueron más o menos de rutina. Ahora, las operaciones se vuelven mucho menos predecibles. Sin importar qué tan exhaustivas se hicieron la inspección, pruebas y simulaciones, enseguida aparecerán dificultades. Ninguno de los equipos habrá sido realmente probado hasta que se le pone en operación. Esta es la razón por la cual la planeación cuidadosa es crucial.

Sólo después de que las operaciones con el primer solvente se consiguió tener las totalmente bajo control, se introduce el segundo solvente; si no lo hay, se introduce ahora el gas de proceso.

Durante estos dos pasos se calibran los instrumentos en todo su rango completo de flujo, presión y temperatura. Se debe hacer un esfuerzo adicional para mantener funcionando correctamente todos los instrumentos, analizadores del proceso y dispositivos de seguridad. Si esto no se consigue, los trabajadores estarán actuando a ciegas, situación que es particularmente peligrosa durante un arranque.

Durante el arranque, casi siempre hay algunas dificultades con los instrumentos y válvulas de control. Parte de esto se debe al hecho de que los flujos son bajos durante este periodo, haciendo difícil el control. Obstrucciones con restos de soldadura, trozos de varilla, cascarillas o rebabas metálicas, etc., también

crean problemas en las líneas e instrumentos, Estas dificultades pueden reducirse al mínimo si se adoptan precauciones como las indicadas en la tabla 11,6

Hasta que las operaciones con los fluidos se han tenido bajo control total, se intenta el paso final del arranque. En casi todas las plantas, este paso consiste en comenzar a cargar el catalizador para iniciar la reacción. Se debe introducir a bajo flujo y lentamente hasta el flujo de diseño.

Habiendo procedido satisfactoriamente con todo lo anterior, se inicia la puesta en marcha de la planta siguiendo las instrucciones del manual de operación correspondiente.

12.0 COMERCIALIZACION Y DIFUSION

Una invención, cuando se aplica con éxito por primera vez, se llama innovación. Tradicionalmente los economistas han puesto énfasis en la distinción entre invención e innovación sobre la base de que una invención tiene poco o ningún significado económica hasta que se aplica. Esta distinción se vuelve poco clara en casos como el Nylon, de la Dupont, donde el inventor y el innovador son la misma firma. Sin embargo, en muchos casos el inventor no se encuentra en la posición de aplicar su invención, ni lo desea, porque su negocio es la invención, no la producción, o porque él es un proveedor, no un usuario, del equipo que forma parte de la invención, o por alguna otra razón.

Ya que la innovación se usa ampliamente para describir diversos aspectos del crecimiento y desarrollo económicos, también se le ha identificado como un objetivo de la política económica.

Si se considera a la innovación tecnológica como la introducción en la economía, a través de la aplicación de la tecnología moderna, de un nuevo proceso o producto, o de uno significativamente mejorado, entonces el cambio de calidad y de costo constituyen la esencia de tal innovación. Recientemente, los gobiernos y empresas han estado gastando considerables recursos y energía intentando organizar eficientemente el proceso de innovación y dirigirlo hacia resultados útiles, refiriéndose lo útil a aquellas innovaciones que producen cambios de calidad que valen lo que cuestan.

La capacidad de reconocer la existencia de un descubrimiento inesperado y de reconocer la aplicación del descubrimiento a una necesidad particular juegan un papel importante en el desarrollo histórico de la tecnología y de sus aplicaciones. El camino seguido hasta hoy por las innovaciones tecnológicas puede estudiarse, pero es mucho más difícil anticipar la dirección futura de las tendencias actuales. Los antecedentes de la industria electrónica de los EEUU pueden rastrearse hasta la primera lámpara prototipo encendida por Thomas A. Edison hace cien años. Los antecedentes más remotos de la producción masiva de circuitos electrónicos modernos deben incluir la invención de Eli Whitney de los rifles con partes intercambiables, así como las técnicas de producción en masa de Henry Ford.

Las oportunidades para comercializar los resultados de estas innovaciones fueron diferentes; en los ejemplos de Whitney y Ford existió una oportunidad bien definida del mercado. Las necesidades del usuario final en términos de calidad del producto y de precio son críticas para el éxito de todas las innovaciones.

La historia de una innovación es un ciclo. Se desarrolla, se usa lucrativamente y finalmente pierde su valor como fuente de ganancia en una de dos formas. Puede ser superada por algo mejor, o puede simplemente volverse una práctica normal. Mientras tanto, sirve como punto de partida para las innovaciones posteriores que sigan.

John M. Clark juzga al proceso de desarrollar y utilizar una innovación pasando por seis etapas: un problema, una idea para su solución, una solución factible a escala de laboratorio o de banco, etapa en la que se puede registrar una patente sobre alguno de los elementos del proceso, una investigación de su potencial comercial, un ensayo a escala de planta piloto u otra pequeña y una aplicación a plena capacidad con la esperanza de éxito comercial. Las primeras dos etapas crean una invención, las últimas tres la aplican como una innovación. Las primeras cuatro etapas son etapas de despegue, y sólo en la última, si existiera, se espera la recuperación de lo desembolsado.

Durante este proceso, el patrocinio o custodia del mismo cambiará dentro de la estructura de una gran corporación. Si comienza en la mente de un inventor individual, la patente resultante ordinariamente se transferirá a la firma que aplicará el dispositivo, proceso o producto y lo llevará al mercado.

Siendo la comercialización el conjunto de actividades relacionadas con la transferencia de mercancías y servicios desde los productores primarios hasta el consumidor final, es evidente la importancia que tiene para que la innovación llegue a su prueba definitiva: el mercado.

La introducción comercial o primer uso operacional es la primera venta de un sistema operacional -producto o servicio- que puede ser la aplicación prematura deliberada o inconsciente de la etapa innovadora precedente y estar, por tanto, llena de problemas a resolver.

Después de que el innovador creó y desarrolló la idea, la tarea de la comercialización es la selección del posible adquiriente de la tecnología propiedad del autor de la idea.

El posible adquiriente de la idea, ya desarrollada, debe ser alguien interesado en la novedad tecnológica y, además, reunir las siguientes características, según A. Santiago:

- Persona física o moral con poder receptivo de innovación.
- Experiencia en adquisición de patentes y novedades,
- Infraestructura disponible o potencial de producción,
- Posibilidades de desarrollo, crecimiento, de beneficios o soluciones sociales,
- Medios de difusión, y
- Disponibilidad de apoyo a la innovación.

La ausencia de estas características explica por qué los productos de tantas ideas geniales, producto de la invención o del descubrimiento, fallan. Infotec ha señalado las siguientes razones generales de por qué fallan los productos:

- Análisis inadecuado del mercado,
- Defectos del producto.
- Costos más altos de los previstos,
- Llegada inoportuna al mercado,
- Competencia demasiado dura,
- Esfuerzo insuficiente de mercadotecnia,
- Fuerza inadecuada de ventas y
- Mala distribución.

El método clásico, en el cual el inventor formaba una sociedad con un capitalista, está cediendo el paso al desarrollo dentro una firma existente.

En el caso de un nuevo producto, en alguna etapa temprana del proceso de innovación puede haber un examen de posibilidades de demanda, necesariamente tentativas, que pueden dar un indicio de si el proyecto garantiza su avance ulterior. Donde una innovación tiene que ver con procesos productivos y no afecta

sustancialmente el producto, la exploración de la demanda se limita a sondear la respuesta a precios reducidos que puedan resultar de costos menores. Naturalmente, esto tiene un impacto importante sólo si la innovación en cuestión implica una reducción sustancial de los costos.

Con la explotación a plena capacidad viene la prueba final de si el beneficio del innovador es suficientemente grande y dura tanto como para recompensar los gastos y escasez originales de ingreso neto en la etapa de desarrollo. Esta es la etapa durante la cual la innovación cesa de ser una novedad y se vuelve el blanco de otros esfuerzos para imitar, reducir su valor encontrando un sustituto diferente, pero equivalente, o para superarlo con algo mejor. En este período, cualesquiera patentes presumiblemente expirarán, y la cuestión todavía quedará si la ventaja de la patente puede prolongarse con patentes complementarias o si, aparte de tal protección adicional, la experiencia ganada de ser pionero permitirá al innovador original mantenerse a la vanguardia, otorgando una continua y suficiente ventaja para compensar los costos de ser pionero. Para ese propósito, los costos de ser el iniciador necesitan continuarse sobre una base defensiva, si no agresiva. Es en este contexto que el innovador debe decidir sobre sus políticas de explotar su posición una vez que ha alcanzado la etapa de operación comercial a plena capacidad.

La firma innovadora tiene a su disposición una gama de políticas en las cuales las consideraciones de ventajas inmediatas y de largo plazo y las agresivas y defensivas pueden combinarse. En un extremo, puede proponerse la ganancia máxima a corto plazo y enfrentarse a la competencia cuando surja. O si tiene éxito en recompensar sus desembolsos originales mientras todavía conserva una ventaja competitiva, entonces puede aprovechar su ventaja, o parte de ella, para aumentar el volumen de producción y acumular en el mercado una posición más fuerte contra el tiempo cuando su ventaja original habrá pasado. O puede comenzar más pronto la acumulación de posición en el mercado aceptando retornos más moderados y tomándose más tiempo para recuperar los desembolsos originales y estará tratando de prolongar o renovar su ventaja instalando nuevas mejoras y preparándose para hacer otras.

Hasta aquí se ha considerado el caso de comercialización de la innovación en un mercado donde hay competencia. Siempre hay la posibilidad de que un

nuevo producto se convierta en la base de un monopolio que cubra la industria que produce este producto. Esto no sucederá con frecuencia meramente porque una patente lo ampare, a menos que se complemente y su efecto se prolongue por subterfugios y otras tácticas dilatorias. Es la función de las políticas efectivas antimonopólicas evitar tales extensiones del monopolio de patentes.

Finalmente, la difusión de la innovación significa su amplia adopción indicada por ganancias sustanciales, uso generalizado e impacto social significativo. Durante la difusión o proliferación, el producto innovador se aplica a otros usos, por ejemplo, la adaptación del radar al trabajo de vigilar las autopistas mediante patrullas u observatorios de control, o el principio involucriado se adapta a propósitos diferentes, por ejemplo, la adaptación de la tecnología de microondas de radar a hornos domésticos.

La proliferación de la innovación tecnológica se ha mencionado hasta el final del proceso, aunque algunas veces comienza durante el reconocimiento de una necesidad y casi invariablemente en la etapa de desarrollo del proceso.

13.0 RESUMEN

En la ingeniería, el diseño se ha definido como el proceso de aplicar las varias técnicas y principios científicos con el propósito de especificar un dispositivo, proceso o un sistema con el suficiente detalle que permita su realización física. El diseño de procesos es aquella rama de la ingeniería que es el dominio especial de la ingeniería química. El diseño implica la acción dirigida a la obtención de un resultado útil. En su aceptación más amplia, el diseño involucra el plan de una completa empresa.

Un diseño completo de procesos incluye un examen crítico de la idea de que debe haber algún proceso, la invención o selección de un proceso adecuado, optimización del proceso, diseño de equipo, descripción de la operación óptima y un pronóstico económico de su rentabilidad probable. En otros campos de la ingeniería, a los procesos análogos de diseño se les llama ingeniería de sistemas.

El desarrollo de un completo plan de acción para un propósito sugerido se basa en las ciencias relevantes fundamentales, la economía y el comportamiento y capacidades de la gente. Los aspectos puramente técnicos de un diseño específico involucran a varias de las disciplinas de la ingeniería. Así, el diseño de una planta de cloro requiere los conocimientos expertos de electroquímica, transferencia de calor y masa, y mecánica de los fluidos. Es por esta razón que el proyecto de diseño de un proceso se confía con frecuencia a un grupo de ingenieros especialistas y de diferentes disciplinas.

La optimización de un diseño raras veces se hace rigurosamente. Hay varias razones para esto. El proceso es generalmente tan intrincado que el diseño de cada parte afecta el diseño adecuado de cualquier otra parte en forma muy complicada. Los factores de importancia en la optimización, tales como la vida probable del proceso seleccionado, muchas veces deben estimarse con base en la experiencia, haciéndose innecesarios los cálculos precisos. Ya que la información científica básica muchas veces falta, se introducen los factores de seguridad de diseño; éstos se estiman de acuerdo al efecto probable del grado de ignorancia sobre el desarrollo de un buen diseño. Finalmente, los diseños muy

someros, que requieren cálculos sólo aproximados del diseño óptimo probable, pueden mostrar que el desarrollo de un diseño de proceso para el propósito establecido es claramente infructuoso.

Algunas veces los estimados de factores importantes de diseño pueden suponerse asignándoles ponderaciones probables, y el diseño puede, entonces, optimizarse rigurosamente. Esta es la técnica del análisis de operaciones. Para propósitos de diseño de procesos, los estimados probabilísticos muchas veces no pueden hacerse con suficiente exactitud para llegar a un resultado significativo.

Ya que raras veces es posible optimizar con precisión un diseño de proceso, generalmente no hay una respuesta única a un problema de diseño. Hay diseños alternativos, algunos de los cuales pueden mostrarse mejores que otros, pero no existe el mejor diseño.

El Proceso de Diseño y la Innovación.

Como la innovación, un proyecto típico de ingeniería comienza con la idea de alguien de que hay algo que valdría la pena hacer. Este primer paso es el reconocimiento de una necesidad social o de una oportunidad económica. Puede sugerirse, por ejemplo, la recuperación de oro del agua de mar, o que una compañía puede producir económicamente acero mediante un proceso continuo. La idea puede originarse en cualquiera, pero muchas veces viene de un ingeniero o de un funcionario de empresa, quien puede no ser un ingeniero.

Como lo sugiere la figura 13, la siguiente etapa consiste en desarrollar la idea hasta llegar a la concepción de un plan o diseño para implantar la idea. La concepción es la propuesta del diseño posible de un proceso, dispositivo o sistema. Puede involucrar la invención o ser sólo una sugerencia, basada en diseños conocidos, es decir, en el estado presente del conocimiento, del cual parece tomarse lo mejor para el propósito en cuestión.

La concepción puede referirse a un diseño completo de procesos o a una parte del mismo. Así, la optimización de una operación existente es propiamente considerada como un diseño de proceso, aunque no se requiera nuevo equipo ni

se contemple una inversión nueva.

La tercera etapa comprende el análisis de la concepción y, propiamente, del mérito de la idea original, además. Esta etapa, según el esquema del resumen, es un compendio de las etapas correspondientes al análisis del problema, propuesta de soluciones, desarrollo de tecnología y desarrollo del proceso, de acuerdo al plan propuesto en la tesis. En esta tercera etapa, el ingeniero emplea una variedad de herramientas: conocimientos; experiencia y perspectiva en áreas científicas, técnicas y económicas relevantes; destreza matemática en el análisis; juicio y sentido común, y talento inventivo. El análisis es un estudio crítico y la optimización de una concepción específica; también está dirigido a la cuestión: como punto de partida, ¿no hay una concepción o idea más prometedora? Este procedimiento de retroalimentación es recurrente, produciendo análisis de las concepciones que conducen a nuevas concepciones de cómo materializar la misma idea original.

Muchas veces el análisis muestra que la concepción es prometedora, pero la información científica, de ingeniería y económica no está suficientemente establecida para permitir la descripción del diseño óptimo del proceso. Al laboratorio de investigación de la compañía se le puede solicitar que obtenga la información faltante, o que se construya una planta piloto para operar el proceso, dependiendo de la naturaleza de la cuestión. Algunas veces es posible comprar la tecnología necesaria. Si la cuestión es económica, se puede emprender un análisis del mercado.

La cuarta etapa es el diseño detallado, que requiere la selección del lugar de la planta, planes económicos, determinación de tamaños de equipo, especificación y diseño detallados del equipo, materiales de construcción y el suministro de servicios auxiliares. Esto puede llevarse al cabo por la compañía, o por una firma externa de ingeniería. Luego se analiza nuevamente el diseño detallado completo para determinar costos probables, necesidades de inversión y ganancias. Entonces se puede implantar el plan mediante la construcción y operación de una instalación, o quizá pueda desecharse. El estudio del diseño detallado, como el análisis, puede llevar a una concepción más atractiva, y el proceso completo del estudio comienza otra vez.

Sherwood presenta varios ejemplos de desarrollo de procesos que ilustran la aplicación del esquema presentado en este resumen y que corresponde al mostrado en la figura 13.

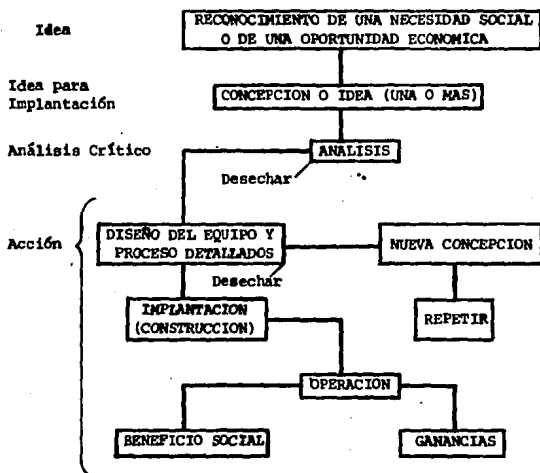


FIGURA 13. EL PROCESO DE DISEÑO Y LA INNOVACION

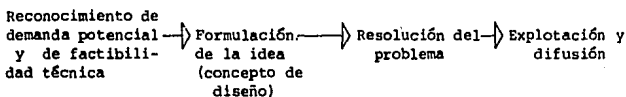
14.0 CONCLUSION

D. Marquis y S. Myers estudiaron los aspectos que contribuyen al éxito innovador en cinco industrias: compañías de ferrocarril, fabricación de locomotoras, construcción de viviendas, fabricación de computadoras y venta de equipos de computación.

Clasificaron las innovaciones como cambios en el producto, en componentes y en el proceso. La naturaleza de las modificaciones innovadoras consistió en lo siguiente, en orden de mayor a menor importancia para las industrias estudiadas:

- mejoras en la eficiencia de funcionamiento,
- mejoras en el servicio,
- reducción en el costo de producción,
- mejoras en la duración del bien, y
- mejoras en la presentación del bien o servicio

El trabajo desarrollado les permitió establecer que el proceso de la innovación técnica es una cadena que enlaza las siguientes actividades:



La importancia del estudio publicado por estos autores queda revelada por las citas que hacen de él en artículos especializados sobre este tema, como los de J. M. Utterback, W. J. Abernathy, etc.

Una compañía que ha ampliado enormemente sus actividades en el campo de la industria química y de proceso, Exxon, se propuso la creación de una entidad directamente vinculada con la explotación comercial de los descubrimientos científicos, reconociendo su adhesión a un modelo de la innovación, según se refirió en el capítulo 3

Ch. R. Mischke y T. K. Sherwood, como se mostró en la sección 4.1 y el capítulo 12, respectivamente, describen un proceso de innovación muy similar entre sí y con el de Myers y Marquis.

De acuerdo con el propósito que se estableció originalmente en la tesis, lo singular de estas páginas es la presentación de un modelo que es aplicable a la

innovación tecnológica en cualquier proceso industrial, destacando los aspectos generales comunes, pero discutiendo la metodología a seguir para aquella innovación que es el objeto particular de la industria química y de proceso. Asimismo, se señalaron los problemas potenciales que van surgiendo a lo largo de cada una de las etapas desde la concepción de un nuevo proceso o producto hasta la comercialización y difusión de su tecnología, presentando las pautas a seguir para su solución.

El problema de las relaciones entre el proceso de transferencia de tecnología proveniente del exterior y el desarrollo económico interno puede analizarse en cuatro niveles:

- a) La investigación y desarrollo tecnológico que realizan las empresas receptoras en México;
- b) El esfuerzo que, en función de problemas específicos de empresas mexicanas, se realiza en centros de investigación y desarrollo pertenecientes a empresas extranjeras;
- c) Las labores de investigación y desarrollo tecnológico que, a iniciativa de la empresa radicada en México, se llevan al cabo en centros nacionales de investigación, y
- d) Las descritas en c) que se llevan al cabo en centros extranjeros de investigación.

Dentro de los dos primeros caerían los esfuerzos en control de calidad, diseño, solución de problemas técnicos específicos, adaptación de productos y procesos, y desarrollo de nuevos productos y procesos. Aunque en los dos últimos caerían también varios de los esfuerzos mencionados, se les encontraría asimismo más vinculados a investigaciones básicas, incluyendo la construcción de plantas piloto.

Una encuesta de 1968 sobre la actitud empresarial del país frente a la investigación tecnológica comprobó el gran desconocimiento que existe en este medio, no sólo de las ventajas que puede brindar la investigación, sino de lo que estas actividades implican. En otro sondeo de 1969, los entrevistados mencionaron como obstáculos al desarrollo tecnológico los siguientes, de mayor a menor importancia: el limitado tamaño del mercado, la escasez de mano de obra altamente calificada, los altos costos de la materia prima y la injerencia del Estado en la actividad empresarial.

Por otra parte, el proteccionismo oficial de que ha gozado hasta muy recientemente

te la empresa establecida en México ha perjudicado seriamente el desarrollo de la investigación, muy particularmente dentro de la industria farmacéutica, en la que ni siquiera se hacen adaptaciones importantes con respecto al diseño adquirido en el extranjero.

Las empresas que admitieron su nula participación en estas actividades dieron las siguientes razones:

- . Las compañías extranjeras recibían toda la tecnología necesaria de la empresa matriz;
- . Las empresas nacionales no tenían los recursos necesarios para ello ni el tamaño reducido de aquéllas lo permitía;
- . En ambos tipos de empresas, el largo periodo de gestación de las actividades de investigación, el gran riesgo inherente y la lenta y dudosa recuperación de la inversión.

La situación del país obliga a presentar algunos comentarios sobre el desenvolvimiento de sus actividades económicas, ya que se mostró anteriormente la relación entre la investigación y el desarrollo -materia prima de la innovación-, por un lado, y el crecimiento económico, por otro. Algunos datos publicados, citados por Santiago, permiten apreciar el crecimiento económico debido a la innovación:

El crecimiento económico de la economía de los EEUU entre 1929 y 1969 se debía a la investigación tecnológica.

La ANIN afirmó que existen en México más de mil inventos rezagados, y que una veintena de ellos podrían generar ingresos por mucho más de 200 000 millones de pesos y crear 600 000 empleos.

Se reconoce el enorme atraso que padecemos en todos los campos con relación a cualquier país desarrollado. Una implicación de esto es que somos un país consumidor y escasamente productor de tecnología, hecho que se efectúa aceleradamente en todas las naciones hispanoamericanas.

La innovación en México se da más por casualidad debido a ciertas limitaciones que se mencionarán más adelante. En cambio, en el ámbito de los países industrializados, la innovación tecnológica es cada vez más el resultado de actividades específicamente organizadas y destinadas a la búsqueda y producción de tecnología. Su generación implica la creación de una infraestructura, la formación de recursos humanos calificados, la organización de las actividades de producción,

la definición de políticas de innovación, la coordinación entre desarrollo científico y tecnológico y las estrategias para el desarrollo social y económico.

El ingreso de México al Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles modificará esta situación, que implica la desaparición paulatina de barreras que protegen al productor nacional en detrimento del consumidor mexicano.

Nuestras empresas tendrán que competir con las extranjeras por dominar el mercado interno innovando sus procesos; de lo contrario, las corporaciones transnacionales lo harán. La actual situación del país significa un reto y, como tal, una oportunidad de promover los cambios necesarios en todos los niveles de nuestra economía.

En cuanto a la difusión de las innovaciones potenciales en México, se observa que no hay comunicación entre los generadores de aquéllas y los industriales, encontrando éstos que es más fácil expandir la producción que desarrollar nuevos productos. Se ha señalado que el inversionista nacional, consciente del excesivo proteccionismo que le dispensan los aranceles de importación, no se preocupa de la competitividad en precio y calidad, se limita a obtener el máximo beneficio en el plazo mínimo y a elaborar planes sexenales de desarrollo, todo lo cual apaga cualquier incentivo innovador.

A fin de promover el desarrollo de tecnología en los países hispanoamericanos, se han propuesto esquemas educativos que vinculan las actividades científicas y tecnológicas, esquemas que van desde los escépticos, que dudan de la capacidad innovadora de las instituciones educativas y económicas, promotoras de estrategias ligadas más a las necesidades básicas de la población, hasta las que responsabilizan sólo al sistema educativo de resolver los problemas asignándole el papel de agencia de preparación de fuerza de trabajo, según el modelo napoleónico.

Las decisiones sobre inversión en capital humano se han hecho sobre la base de información incompleta con relación a las áreas y niveles de educación que podrían haber mejorado en los individuos la adquisición de capacidades y actitudes conducentes a la producción de nuevos conocimientos necesarios para innovar.

Un factor que influye en la aceptación de nuevos elementos culturales es el prestigio de que gozan los individuos bajo cuyos auspicios se presenta la nueva característica a la sociedad. En la difusión, como en la invención, la aceptación de una nueva característica comienza con un solo individuo, o a lo sumo con un pequeño grupo. La aceptación general de una nueva característica depende mucho de quiénes sean los innovadores. Si son personas a quienes la sociedad admira y

está acostumbrada a imitar, se allana desde el principio el camino para su aceptación por parte del resto de la sociedad. Pero si los innovadores son personalmente impopulares o de baja posición social, el nuevo elemento inmediatamente adquiere asociaciones indeseables que pesarán más que cualquier ventaja intrínseca.

Como resultado de una encuesta dirigida a 140 instituciones de los EEUU, se obtuvo una lista de más de 70 posibles adelantos técnicos en todas las ramas del saber, misma que desglosa A. Santiago, estimando las fechas en que se asegurará su posibilidad económica y su producción en gran escala.

Finalmente, cabe mencionar algunas ideas sobre aquellas industrias mexicanas que presentan un buen potencial de innovación. En general, estas industrias deben ser las que tiendan a buscar las soluciones más adecuadas a las necesidades nacionales y estrechamente ligadas a la disponibilidad de los recursos naturales, materias primas y mano de obra del país, aprovechando en lo posible los estímulos gubernamentales para actividades dirigidas hacia:

- . La sustitución de importaciones,
- . La creación de polos de desarrollo,
- . La implantación de medidas de preservación del ambiente y la salud,
- . La concurrencia a los mercados de exportación,
- . El aprovechamiento del programa de riesgo compartido, del CONACYT.

Lo anterior puede resultar de un estudio de la detección de la interdependencia total de la industria con respecto a sus integrantes, según el modelo de la matriz insumo-producto, de W. Leontief, o de investigaciones relativas a pronósticos tecnológicos.

Algunas industrias mexicanas con notables perspectivas de éxito innovador se indican en el anexo.

Al comienzo, se mencionaron algunos aspectos de los modelos en cuanto a su contribución a la formación de un esquema de la innovación. Lo que se destacó de los modelos es la participación de un atributo único del intelecto: su gran poder de abstracción y generalización, poder que ya intuyó, con Porfirio, el genio filosófico de los griegos del siglo III a.C. cuando planteó la disputa conocida como la querrela de los universales resuelta hasta la Edad Media.

Si la supervivencia humana requiere de la multiplicación de la especie, el avance de la civilización necesita de la materialización de los nuevos logros de la

ciencia, tarea que compete a la tecnología, uno de cuyos resultados ha sido el avance logrado desde la vida primitiva y sencilla de la recolección, la caza y el pastoreo, hasta la moderna búsqueda de nuevos horizontes en el interior del átomo y hacia otras galaxias, sin mencionar ese otro subproducto del conocimiento que engendra el peligro latente de la aniquilación total del hombre. O es perpetua renovación, o es una lánguida muerte nuestra vida.

ANEXO. INDUSTRIAS CON POTENCIAL DE INNOVACIÓN EN MEXICO

INDUSTRIA

COMENTARIOS

1. Petrolera y Petróleo-
Química

Especialmente, la petróleo-química secundaria, como la de los polímeros para nuevas aplicaciones y formulaciones.

- 1.1 Sustitución de la metil etil cetona (MEC) por metil isobutil cetona (MIC) en el desparafinado de lubricantes

La MEC se importa cada vez en mayores cantidades; en cambio, la MIC se produce en el país. Falta desarrollar el proceso para incorporar la MIC en el desparafinado.

2. Eléctrica y Electrónica: Computadoras, circuitos integrados, etc.

- 2.1 Fabricación de unidades médicas de cuidado intensivo
- 2.2 Fabricación de transmisores locales hechos con microprocesador programable
- 2.3 Fabricación de sistemas de control distribuido
- 2.4 Aplicación de sistemas electrónicos de control, alarma y operación de dispositivos
- 2.5 Robótica

Útiles para la detección y control de señales vitales.

Estos sistemas sustituirán a los actuales tableros de control convencional.

Útil en operaciones peligrosas, pesadas, labores de fabricación en serie, movimientos precisos de instrumentos en radiología, etc.

- 2.6 Fabricación de siste
mas expertos
- 2.7 Fabricación de válvu
las de control con ac
tuador eléctrico en
campo
- 3. Metal-mecánica y afines
 - 3.1 Fabricación de ante-
nas parabólicas
 - 3.2 Nuevas aplicaciones
de la aleación Zinalco
(Zn-Al)
 - 3.3 Fabricación de equi-
po para demostración
de laboratorio en es
cuelas
- 4. Energía
 - 4.1 Aprovechamiento de la
energía térmica de los
océanos
 - 4.2 Aplicación de las ener-
gías eólica y solar pa-
ra operar dispositivos
- 5. Química y de Proceso
 - 5.1 Elaboración de esen-
cias, aceites vegeta-
les, saborizantes y o-
tros aditivos para ali-
mentos

La experiencia de un experto se guarda en una memoria electrónica del sistema, echándose mano de ella cada vez que se requiera, como en el diagnóstico automatizado.

Aleación desarrollada por la UNAM, con propiedades semejantes a las del aluminio, que es caro y escaso en México. Como el zinc es abundante y barato en el país, su uso como aleación con aluminio resulta atractivo.

Equipo que es necesario en todos los niveles de enseñanza, especialmen-
te para las ciencias experimentales en secundaria, preparatoria y profé
sional.

En la sonda de Campeche se han registrado temperaturas que varían entre 24 y 28C en el agua superficial, y de 6C a profundidades de 650 m

Ejemplos: la metionina, conservador de alimentos, es un producto de es-
pecialidad (caro) cuya importación crece incesantemente; los derivados
cítricos (vitaminas, aceites, esencias, etc.).

- 5.2 Fabricación de catalizadores como parte integral del desarrollo de los procesos y tecnologías correspondientes
- El V_2O_5 , para la alta conversión del SO_2 a SO_3 , es un catalizador muy valioso; su vida llega a ser de 20 años. Las singulares propiedades catalíticas de los metales de transición, localizados entre los grupos II y III de la tabla periódica, los han convertido en elementos insustituibles en los procesos petróleo-químicos: oxidación, hidrogenación, reformación catalítica, hidrogenación, isomerización, hidrodesulfuración, etc., siendo los metales más usados: zinc, molibdeno, cobalto, rodio, cobre, níquel, paladio, manganeso, etc.
- 5.3 Fabricación de pentaeritritol
- Se usa para la elaboración de pigmentos y colorantes; su importación crece incesantemente, y es un producto de especialidad química, por tanto, caro.
- 5.4 Fabricación de Na_2CO_3 y tetraborato de sodio
- Usados en la industria vidriera, de gran desarrollo tecnológico en México.
- 5.5 Recuperación de sosa y aprovechamiento de las salmueras
- Abundan en los lagos de Cuitzeo, Mich. y en el de Texcoco, Méx., así como en el condensado que se maneja en las plantas geotermoelectricas, del que se puede recuperar el potasio, caro y necesario para la agricultura.
- 5.6 Fabricación de Ca_3PO_4 , Al_2O_3 y otros
- Básicos para varias industrias.
- 5.7 Desarrollar tecnologías para la industria minero-metalúrgica
- Promoverían el aprovechamiento de metales y no metales, como el NaCN, la fluorita (en la que México ocupa el segundo lugar en el mundo en producción). La búsqueda de nuevos usos es atractiva.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez A., Salvador, Rlos M., Ernesto y Marmolejo G., Juan, "Desarrollo de Tecnologías en Latinoamérica", Revista IMIQ, (7): 28-38 (1975)
- Astudillo U., Pedro, *Lecciones de Historia del Pensamiento Económico. Textos Universitarios. 1a. Edición.* Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D. F. (1975)
- Baasel, William D., *Preliminary Chemical Engineering Plant Design.* American Elsevier Publishing Co., Inc., Nueva York, N. Y. (1976)
- Bouthol, Gastón, *La Sobrepoblación. 1a. Edición.* Editorial Diana, S. A., México, D. F. (1966)
- Brown, Harrison, *Otra Visita al Futuro de la Humanidad: Traducción de Francisco J. Perea. 1a. edición en castellano.* Fondo de Cultura Económica, México, D. F. (1982)
- Clark, John M., *Competition as a Dynamic Process.* The Brookings Institution, Washington, D. C. (1961)
- Chemical Engineering (editor), "Chemical Engineering's Award for Personal Achievement in Chemical Engineering", *Chemical Engineering*, 91 (25):65-66 (1984)
- Clark, E. L., "Economic Pros and Cons of Pilot Plants", *Chemical Engineering*, 71 (8): 169-184 (1964)
- Clark, E. L. "How to Scale-Up Pilot Plant Data and Equipment", *Chemical Engineering*, 65 (20): 129-140 (1958)
- Clough, Richard H., "Plant Construction", *Encyclopedia of Chemical Processing and Design.* Editores John J. McKetta y William A. Cunningham. Vol. 11, pp160-179(1980)

- Coombs, R. W., "Innovation, Automation and the Long-Wave Theory", *Futures*, 13 (4): 264-275 (1981)
- Davis, Gregory H., *Tecnología: ¿Esclavitud o Liberación?*. Traducido al castellano por Jaime Priego, Edamex, México, D. F. (1984)
- Deviny, William M., "Disposal of Hazardous Chemicals", *Chemical Engineering Progress*, 63 (11): 56-57 (1967)
- Eskinazi, Salomon, *Principles of Fluid Mechanics*. Allyn and Bacon, Inc., Boston, Ma. (1965)
- Fair, James R., "Advanced Process Design", *Serie Monográfica de AIChE*, 76 (13) (1980)
- Forrester, Jay W., "Innovation and Economic Change", *Futures*, 13 (4): 323-331 (1981)
- Freemantle, H. H., *El Químico en la Industria: Administración y Economía*. Serie Oxford de Química. Traducción de Agustín Contin. Editorial El Manual Moderno, S. A., México, D. F. (1979)
- Gabor, Dennis, *Innovations: Scientific, Technological, and Social*. Colección Science and Engineering Policy. Oxford University Press, Londres (1970)
- Garmon, J. J., Morrow, W. E., y Anhorn, V. J., "Scale-Up by Advanced Methods", *Chemical Engineering Progress*, 61 (6): 57-61 (1965)
- Giral B., Adela, Haza P., Antonio, y Villanueva M., Blanca Rosa, *Investigación de Mercados Industriales*. Curso de INFOTEC. INFOTEC, México, D. F. (1985)
- Giral B., José, *Manual para Desarrollo, Transferencia y Adaptación de Tecnología Química Apropriada*. Facultad de Química de la UNAM, México, D. F. (1974)
- Giral, J., Barnés, F., y Ramírez, A., *Ingeniería de Procesos*. Manual para el Diseño de Procesos Químicos Apropriados para Países en Desarrollo. Fa

- Escuela de Química de la UNAM, México, D. F. (1977)
- Gold, Bela (editor), *Research, Technological Change, and Economic Analysis*. Case Western University. Lexington Books, Lexington, Ma. (1977)
- Grothe, John D., "Modern Approach to Pilot Plant Design", *Chemical Engineering*, 63 (6): 239-242 (1956)
- Hamilton, L. W., Johnston, W. F., y Petersen, R. D., "Pilot Plants and Technical Considerations", *Chemical Engineering Progress*, 58 (2): 51-54 (1962)
- Harman, Alvin J., "Industrial Innovation and Government Policy: A Review and Proposal Based on Observation of the U. S. Electronics Sector". *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 18: 15-37 (1980)
- Hernández Godínez, José, *La Transferencia de Tecnología en el Marco de la Industrialización en México*. Tesis Profesional. Facultad de Derecho de la UNAM, México, D. F. (1985)
- Hughson, Roy V., *The Language of Chemical Engineering in English*. Regents Publishing Co., Inc., Nueva York, N. Y. (1979)
- Iyer, Easwar S., y Ramaprasad, A. Arkalgrid, "Technical and Management Notes: Strategic Postures Toward Innovation", *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-31 (2): 87-93 (1984)
- Jones, Reginald H., "The Innovators: The Corporate View", *Chemtech*, Febrero de 1979, pp. 74-76
- Katzen, Raphael, "When is the Pilot Plant Necessary", *Chemical Engineering*, 75 (7): 95-98 (1968)
- Kilby, J. S., "The Innovators: The Inventor's View", *Chemtech*, Febrero de 1979, pp. 65-67
- Landau, Ralph, "Innovation for Fun and Profit", *Chemtech*, Enero de 1979, pp. 22-24
- Laurent, Michel, Beattie, R. D., y Goodgame, T. H., "Census of Equipment

- Scale-Up Practice", *Chemical Engineering Progress*, 50 (7): 332-335 (1954)
- Mansfield, E., *The Economics of Technological Change*. W. W. Norton and Co., Nueva York, N. Y. (1968)
- Matley, Jay, "Keys to Successful Plant Startups", *Chemical Engineering*, 76 (19): 110-130 (1969)
- Mischke, Charles R., *Introduction to Engineering Through Mathematical Model-building*, Iowa State University, Ames, Ia. (1973)
- Mondragón S., Reginaldo, "La Curva de Aprendizaje, Medida de la Eficiencia", *Memorias de la XXIV Convención Nacional del IMIQ*. Monterrey, N. L. (1984)
- Myers, Sumner, y Marquis, Donald G., *Successful Industrial Innovations*. National Science Foundation, Washington, D. C. (1969)
- Padua, Jorge, *Educación, Industrialización y Progreso Técnico en México*. El Colegio de México-UNESCO, México, D. F. (1984)
- Perry, John H. (editor), *Chemical Engineer's Handbook*. 4a. edición. Mc-Graw-Hill Book Company, Ltd., Tokio (1963)
- Peters, Max S., y Timmerhaus, Klaus D., *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 2a. edición. McGraw-Hill Book Co., Nueva York, N. Y. (1968)
- Press, Frank, "The Innovators: The Government's View", *Chemtech*, Febrero de 1979, pp. 69-73
- Prugh, R. W., "Preliminary Evaluation of Safety Hazards", *Chemical Engineering Progress*, 63 (11): 49-55 (1967)
- Robinson, Jennifer M., "Technological Learning, Technological Substitution and Technological Change", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 18, pp. 39-49 (1980)
- Rothwell, Roy, "Government Innovation Policy: Some Past Problems and Recent Trends", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 22 pp. 3-30 (1982)

- Rubinstein, Moshe F., *Patterns of Problem Solving*. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J. (1975)
- Sahal, Devendra, *Patterns of Technological Innovation*. Addison-Wesley Publishing Co., Inc., Reading, Ma. (1981)
- Samuelson, Paul A., *Curso de Economía Moderna*. 9a. edición. Traducción de José Luis Sampedro. Aguilar, Madrid (1961)
- Santiago B., Amado, *Invenovación*. UNAM, México, D. F. (1981)
- Santiago B., Amado, *Investigación, Invención, Innovación*. UNAM, México, D. F. (1985)
- Schumpeter, Joseph A., *Business Cycles*. McGraw-Hill, Inc., Nueva York, N. Y. (1939)
- Schumpeter, Joseph A., *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper & Row Publishers, Nueva York, N. Y. (1942)
- Sherwood, Thomas K., *Course in Process Design*. 3a. reimpresión. The MIT Press, Cambridge, Ma. (1966)
- Spitz, Peter H., "How to Evaluate Licensed Processes", *Chemical Engineering*, 72 (26): 91-98 (1965)
- Tyler, Chaplin, y Winter, C. H. Jr., *Chemical Engineering Economics*. 4a. edición. McGraw-Hill Book Co., Inc., Nueva York, N. Y. (1959)
- Valle-Riestra, J. Frank, *Project Evaluation in the Chemical Process Industries*. McGraw-Hill Book Co, Nueva York, N. Y. (1983)
- Van Duljn, Jacob J., "Fluctuations in Innovations Over Time", *Futures*, 13 (4): 264-275 (1981)
- Verbraeck, A. (editor), *Memorias. 7th International TNO Conference*. Van Loon B. V., La Haya (1974)
- Vian Ortuño, A., *Introducción a la Química Industrial*. 1a. edición. Editorial Alhambra, S. A., Madrid (1980)

Vilbrandt, Frank C., y Dryden, Charles E., *Chemical Engineering Plant Design*. 4a. edición. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokio (1959)

Walas, S., *Reaction Kinetics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill, Nueva York, N. V. (1959)

Weber, Max, *Historia Económica General*. 1a. edición en castellano. Traducción de Manuel Sánchez S. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. (1983)

Weinberg, Harold N., "Converting Science to Viable Technology", *Memorias de la Reunión Conjunta AIChE-IMIQ. XX Convención Nacional del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*. Vol. 4 Acapulco, Gro. 1980

Wionczek, Miguel S., Bueno, Gerardo M., y Navarrete, Jorge Eduardo, *La Transferencia Internacional de Tecnología: El Caso de México*. 1a. edición. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. (1974)

FE DE ERRATAS

Página	Replón	Dice:	Debe decir:
9	22	concepciones históricas de san Agustín, Vico, Voltaire y Hegel son cuatro vi-	concepciones históricas de san Agustín ("providencialista"), Vico ("progresismo"), Voltaire ("liberadora") y Hegel ("racionalismo dialéctico") son cuatro vi-
137	32	da como la querella de, los universales resuelta hasta la Edad Media.	da como la querella de los universales resuelta hasta la Edad Media. Esta facultad de abstracción, la capacidad de pensar abstractamente, es la que permite al hombre hacer ciencia.

En la Bibliografía, se omitieron las siguientes referencias:

Harten, Paul, *La Economía: Sus Leyes y sus Misterios*. Traducción de Luis Romano Haces, Editorial Herder, Barcelona, España (1979)

Linton, Ralph, *Estudio del Hombre*. Traducción de Daniel F. Rubín de la Borbolla, 3a. edición. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. (1985)