

# ESTRATEGIA DE COLABORACIÓN DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA SUR-SUR PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA DE ANGOLA

Erenio González Suárez  
Juan Esteban Miño Valdés



EDITORIAL UNIVERSITARIA



Erenio González Suárez || Juan Esteban Miño Valdés

ESTRATEGIA DE COLABORACIÓN  
DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA SUR-SUR  
PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA  
QUÍMICA DE ANGOLA

EDITORIAL UNIVERSITARIA



Erenio González Suárez || Juan Esteban Miño Valdés

ESTRATEGIA DE COLABORACIÓN  
DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA SUR-SUR  
PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA  
QUÍMICA DE ANGOLA

EDICIONES ESPECIALES

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Cnel. José Félix Bogado 2160  
Posadas – Misiones – Tel-Fax 0054 376 4428601

Correo electrónico:  
ventas@editorial.unam.com.ar

Página web:  
www.editorial.unam.edu.ar

Colección: Ediciones especiales  
Coordinación de la edición: Claudio O. Zalazar  
Armado de interiores: Javier B. Gimenez  
Revisión técnica y corrección: Juan Esteban Miño Valdés

Estrategia de colaboración de la comunidad científica Sur-Sur para el desarrollo de la industria química de Angola; compilado por Juan Esteban Miño Valdés; Erenio González Suárez. - 1a edición especial - Posadas: EdUNaM. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, 2016.

90 p.; 23 x 14 cm.

ISBN 978-950-579-406-5

1. Industria Química.

CDD 540

Hecho el depósito de la Ley Nº 11.723

Impreso en Argentina

ISBN: 978-950-579-406-5

©Editorial Universitaria

Universidad Nacional de Misiones, Posadas, 2016

Todos los derechos reservados para la primera edición

## ACERCA DE LOS AUTORES

**Concepción Toledo Diana Niurka** (dianac@uclv.edu.cu)

Licenciada en Educación / Máster en Gerencia de la Ciencia y la Innovación / Dra. en Ciencias de la Educación. Profesora Auxiliar e Investigadora / Facultad de Ciencias Sociales / Universidad Central de Las Villas / Villa Clara, Cuba.

**Del Rosario José Bautista** (jobf\_rosario@yahoo.co.br)

Licenciado en Economía / Máster en Economía Aplicada / Doctorante en Economía. Profesor Auxiliar e Investigador / Facultad de Ciencias Económicas / Universidad "11 de Noviembre" / Cabinda, Angola.

**González Suárez Erenio** (erenio@uclv.edu.cu)

Ingeniero Químico / Doctor en Ciencias Técnicas / Doctor en Ciencias / Postdoctor en Gestión Ambiental y Seguridad Industrial. Profesor Titular e Investigador / Centro de Análisis de Procesos / Dpto. de Ingeniería Química / Universidad Central de Las Villas / Santa Clara, Cuba.

Miembro de Mérito de la Academia de Ciencias de Cuba.

Premio Nacional de Ingeniería Química 2013 de la Asociación de Química de Cuba.

**Laborde Miguel Ángel** (miguel@di.fcen.uba.ar)

Licenciado en Ciencias Químicas, orientación Tecnología Química / Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular e Investigador / Laboratorio de Procesos Catalíticos / Dpto. de Ingeniería Química / Facultad de Ingeniería / Universidad de Buenos Aires / Argentina.

Premios internacionales del Laboratorio de Procesos Catalíticos:

- Mercosur de Ciencia y Tecnología 2004 de UNESCO y RECYT / categoría Integración.

- Interciencia Energía 2005 / Asoc. Interciencias Hydroquebec y Assoc. franco-phone pour le savoir.

**Lauchy Sañudo Armando** (lauchy@mes.gob.cu)

Licenciado en Economía / Doctor en Ciencias Económicas.

Director de Contabilidad y Finanzas / Ministerio de Educación Superior / La Habana, Cuba

Profesor e Investigador / Facultad de Ciencias Económicas / Universidad de la Habana / Cuba

**Miño Valdés Juan Esteban** (minio@fio.unam.edu.ar)

Laboratorista Químico Industrial / Ingeniero Químico / Especialista en Gestión de Ambiente y Producción / Máster en Tecnología de los Alimentos / Doctor en Ciencias Técnicas / Postdoctor en Gestión de Ciencia e Innov.de la Industria Química. Profesor Adjunto e Investigador / Dpto.de Física / Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de Misiones / Oberá, Argentina.

**Muto Lubota David** (marciodeivy@yahoo.com.br)

Ingeniero Industrial / Máster en Ingeniería Industrial / Doctorante en Ingeniería Industrial. Profesor Auxiliar e Investigador / Facultad de Ciencias Económicas / Universidad "11 de Noviembre" / Cabinda, Angola.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	11
Referencias bibliográficas .....	13
CAPÍTULO I: Gestión de conocimientos e industrialización .....	15
La situación económica internacional actual .....	15
Conocimiento y ventaja competitiva .....	17
Gestión del Conocimiento .....	20
Consideraciones finales .....	25
Referencias bibliográficas .....	26
CAPÍTULO II: Prospectiva Tecnológica para el desarrollo sostenible y ambientalmente compatible de la industria química y fermentativa..	29
Introducción .....	29
Desarrollo Competitivo de la Industria Qca.: Prospec. Tecnol./Análisis de Procesos .....	29
El Análisis Complejo de Procesos .....	34
Consideraciones finales .....	41
Referencias bibliográficas .....	41
CAPÍTULO III: Vías para la terminación y transferencia de tecnologías a través de la colaboración internacional.....	43
Introducción .....	43
La Absorción (Asimilación) de Tecnología.....	44
Formas de la Transferencia Tecnológica .....	48
Acciones para incrementar la transferencia de tecnología.....	51
Conclusiones.....	58
Referencias bibliográficas .....	58
CAPÍTULO IV: Los estudios previos inversionistas en la gestión de ne- gocios para el desarrollo de la industria química .....	61
Introducción .....	61

La incertidumbre en la elaboración de una decisión inversionista para la transferencia de una Tecnología.....	62
Vías para minimizar la incertidumbre en la inversión para la transferencia de una tecnología .....	64
Los estudios previos inversionistas. Principios metodológicos y de organización .....	66
Consideraciones finales.....	69
Referencias bibliográficas.....	69

CAPÍTULO V: El riesgo y la incertidumbre en la evaluación de inversiones de plantas de la industria química y fermentativa .....	71
Introducción .....	71
La consideración del riesgo en las decisiones de inversión .....	71
Análisis de Caso. Opciones para medir la rentabilidad.....	80
Conclusiones.....	87
Referencias bibliográficas.....	88

## INTRODUCCION

Erenio González Suárez  
Juan Esteban Miño Valdés

En el Siglo XXI las metas estratégicas de la Industria Química y Fermentativa (IQyF) reflejan entre otras cuestiones:

- Las fuentes de materiales y energías
- La alimentación y la nutrición
- La salud
- La confiabilidad de los procesos y los productos
- El medio ambiente

De acuerdo con esta estrategia y los requerimientos específicos de la industria de los países del tercer mundo es necesario establecer las tareas científicas, inmediatas que el desarrollo demandará. Precisamente un aspecto de primordial importancia en este sentido, es el concerniente a la creación de nuevas instalaciones industriales. Su creación surge como consecuencia de una necesidad social, que no siempre está formulada en términos concretos desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo.

Por ello, la proyección científica de la Ingeniería Química en el futuro inmediato está determinada por un esquema estratégico que considera la interdependencia de:

- Los objetivos que son de importancia para la sociedad
- Los fundamentos y métodos de la Ingeniería Química
- Las aplicaciones en los Procesos Industriales

En ello, la búsqueda de diferentes alternativas constituye la premisa fundamental.

El desarrollo de cualquier alternativa implica la asignación de recursos, por ello el análisis de alternativas descansa en seleccionar la variante que implica un menor gasto, pues este es uno de los problemas económicos más importantes de la actualidad, junto a la efectividad de la producción.

Entre los factores a considerar para la evaluación de alternativas tenemos:

- a) Analizar las posibilidades nacionales de incremento de las capacidades productivas existentes.
- b) Estudiar la factibilidad económica de efectuar o no importaciones del producto.
- c) Decidir si se ejecutan inversiones para la instalación de nuevos centros productores.
- d) Seleccionar las mejores variantes tecnológicas para la ejecución de la inversión.
- e) Determinar la localización y tamaño de los nuevos centros de producción.

f) Estudiar las posibilidades de destinar a la exportación una parte del producto.

El análisis de alternativas obliga a realizar estudios técnicos preliminares que coadyuvan a la formulación de diferentes variantes, que incluyen el estudio del incremento de las capacidades de producción considerando las condiciones de operación y sus puntos limitantes, esto permite, elaborar variantes de ampliación de producción y con ellos los costos inversionistas y de producción. Una vez planteadas las alternativas factibles desde el punto de vista tecnológico, se requieren análisis complementarios de orden técnico económico, con fundamento científico, que aseguran en efecto, la calidad de la producción, requerimientos en las facilidades generales de la planta, así como la estimación más correcta conforme a criterios económicos y ambientales, haciendo posible juzgar acerca de la conveniencia y oportunidad de la alternativa y llegar de esta manera a un proyecto de inversión. Este análisis reduce las alternativas originales produciéndose lo que se conoce como tamizado, durante el cual, el ingeniero debe responder a numerosas preguntas.

De todo lo anterior se comprende que para un buen desarrollo tecnológico se requiere contestar con la mayor objetividad estas preguntas, y que de ello dependerá la competitividad de la futura instalación, pues no podemos aquí olvidar, que una impronta de la época es que la tecnología incide cada vez más en las posibilidades empresariales, y como se sabe el desarrollo tecnológico de la Industria Química, está vinculado también a la incertidumbre.

En ello, el impacto de la Ciencia y la Innovación Tecnológica genera cambios duraderos en la economía, la ciencia, la tecnología y el medio ambiente reflejado en sus indicadores como resultado de la ejecución de acciones de investigación y desarrollo, así como adicionalmente la Innovación Tecnológica que introducen valor agregado a los productos, servicios, procesos y tecnologías, manifestándose además en el surgimiento y consolidación de determinados sistemas tecnológicos que al actuar de conjunto, expanden su acción hasta producir una verdadera modificación en los patrones y en el comportamiento de la economía y la sociedad en su casi totalidad, siendo esta su característica esencial, modificando cualitativamente parte de las fuerzas productivas y de las relaciones de producción vigentes.

Por otro lado, si bien es una realidad, que las instituciones académicas no son los **únicos** centros de producción de los conocimientos, lo que sí se afirma es que la Educación Superior es el elemento socio-institucional básico de producción de los trabajadores del conocimiento. Ha cobrado cada vez más importancia el papel de las instituciones de Educación Superior en la Transferencia de Conocimientos y Tecnología hacia la producción y la sociedad. La experiencia latinoamericana corrobora que la colaboración entre Universidades sur-sur, favorece las alianzas entre países en vías de desarrollo para la asimilación de tecnologías dirigidas a superar limitacio-

nes (González y Miño, 2013), para la terminación de una tecnología (González et al, 2011) y para el desarrollo de alternativas en sectores industriales (Ramírez et al, 2014).

Así pues, la actividad de una empresa y de los Centros de Educación Superior (CES) están muy vinculadas a la ciencia, la tecnología, el mercado y la sociedad, siendo esta última la que realmente se satisface con los productos tecnológicos generados por los resultados de las investigaciones científicas.

De manera que sólo se conseguirá un elevado impacto en las economías de los diferentes países, cuando se logre que la propia concepción, planificación y ejecución del trabajo científico investigativo esté orientado hacia el ciclo completo de la actividad productiva.

El desarrollo competitivo de las empresas de la industria química, contienen un nivel de riesgo que podrá disminuirse en la medida que se despeje la incertidumbre en cualquiera de sus manifestaciones. Por ello, es conveniente considerar para el desarrollo de la Industria Química, los aspectos concernientes a:

1. La gestión de conocimientos e industrialización
2. La perspectiva tecnológica para el desarrollo sostenible y ambientalmente compatible.
3. Los estudios previos inversionistas en la gestión de negocios para el desarrollo industrial
4. Las vías para la terminación y transferencia de tecnologías a través de la colaboración internacional.
5. El riesgo y la incertidumbre en la evaluación de inversiones en instalaciones de la industria química y fermentativa.

Lo anterior, justifica el esfuerzo colectivo que en el contexto de la colaboración entre las Universidades de Angola, Argentina y Cuba, le presentamos en las páginas siguientes.

Los compiladores de este libro, se anticipan a agradecer todos los criterios y sugerencias que puedan contribuir a ampliar, mejorar o rectificar estos contenidos para sortear limitaciones económicas y tecnológicas del agro y la agroindustria, enviando su mail a nuestros correos electrónicos citados en la página de autores.

## **Referencias bibliográficas**

González Suárez, E., R. García Prado, L. Mesa Garriga; I. Y. González Herrera

Vías para la terminación y transferencia de tecnologías a través de la colaboración internacional. Un ejemplo de aplicación. Badavilla Vega, Rosalba; Lidia Raesfeld; Juan Villalvazo; Thomas Baaken (Coordinadores). La vinculación de las instituciones de la Educación Superior con su entorno económico en el contexto internacional. Alemania, Cen-

treamérica y México. DAAD; UANL; UDG; UAEH. ISBN: 978-607-433-782-2 y 978-607-482-223-6. 2011.

González Suárez, E. y Miño Valdés J.E.

Estrategia de cooperación internacional entre Universidades del sur. Orientadas a superar las limitaciones económicas de una tecnología. Editorial Universitaria. Universidad Nacional de Misiones. 2013. ISBN: 978-950-579-311-2.

Ramírez García, A., Viatcheslav K., González Suárez E.

Una experiencia de cooperación científica internacional universitaria para la industria de la caña de azúcar. La Habana 10 al 14 de febrero 2014.

## CAPÍTULO I

### Gestión de conocimientos e industrialización

Diana Niurka Concepción Toledo

Erenio González Suárez

Juan Esteban Miño Valdés

#### **La situación económica internacional actual**

En el contexto internacional se ha resaltado la especial importancia de las transformaciones que en los diferentes niveles social, político, económico y tecnológico están sucediendo en las últimas décadas. Centrándonos en el ámbito económico, los cambios de condiciones que se han producido tienen una doble componente coyuntural y estructural.

Desde la perspectiva puramente coyuntural, estos cambios han coincidido en el tiempo con una situación especialmente recesiva en diversos países industrializados y caracterizada no sólo por una disminución de la actividad económica y de la inversión, sino también por importantes caídas en las tasas de empleo y en las dificultades de las administraciones en el control del déficit público.

Las altas tasas de interés, además de su impacto negativo en los niveles del consumo privado, la inversión y el desempleo, se han unido en algunos países con la existencia de tipos de cambio sobrevalorados dificultando la capacidad exportadora como elemento reactivador de la economía. Por otra parte, el gasto público ha ido perdiendo progresivamente su capacidad de elemento reactivador de las economías nacionales debido, entre otros factores, a la creciente dificultad de su financiación.

Por otro lado, el fenómeno económico conocido como Globalización, que aparece como una última etapa del proceso de internacionalización de las economías nacionales, está obligando a una gestión internacional de la Innovación Tecnológica, lo que significa que las naciones y empresas, con independencia de su tamaño y ubicación, deben ser capaces de diseñar y utilizar eficazmente estrategias de desarrollo basadas en el conocimiento de un conjunto de instrumentos de gestión de sus recursos, que le permitan conocer con la mayor exactitud posible, cuáles son los avances tecnológicos para posicionarse de mejor manera, mediante la incorporación de nuevas tecnologías a sus productos y procesos, en la batalla de la competitividad. Funciones como la Vigilancia Tecnológica y la Prospectiva Tecnológica se proponen servir y prevenir respectivamente, a las necesidades Tecnológicas de la empresa para anticiparse a los cambios que se produzcan en el mercado.

El crecimiento económico que se experimentó una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial tuvo su punto de inflexión a partir de la crisis del petróleo (año 1973). Los acontecimientos que tuvieron lugar en el período 1973-1980 presentaron la singularidad de su carácter revolucionario desde el punto de vista económico y reflejaron el cambio producido a nivel tecnológico. A modo de resumen, los factores que explicaron esta singularidad fueron los siguientes según Pavon-Hidalgo (1997):

- Ruptura, en 1971, del Sistema Monetario Internacional con la primera devaluación del dólar.
- Subida de los costes de la energía tras las crisis del petróleo en 1973 y 1979, que arrastró al precio de otras materias primas.
- Importante recesión de la demanda como consecuencia de la disminución del poder adquisitivo del consumidor y de la saturación de los mercados de bienes de consumo, sobre todo de consumo duradero (electrodomésticos, automóviles).
- Emergencia de nuevas áreas industriales que compiten básicamente por el precio de los productos tras alcanzar capacidades tecnológicas significativas en productos de gran consumo (“dragones” asiáticos).
- Crecimiento de la inflación, que llega a cifras de dos dígitos, aparición del fenómeno de la *Estanflación* (inflación con altos índices de desempleo) y fracaso de las medidas de control económico adoptadas en las décadas anteriores basadas en el modelo keynesiano.

El escenario descrito da paso, a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa, a una nueva situación configurada por un conjunto de factores que han generado el actual entorno competitivo de las empresas y al que las nuevas tecnologías están contribuyendo de manera decisiva. Es lo que pudiéramos identificar con la emergencia de un nuevo “paradigma socio-técnico”.

Pavon-Hidalgo (1997) sostiene que entre los rasgos más significativos de este nuevo paradigma está el incremento radical de los grados de incertidumbre del entorno económico de la empresa.

En el modelo de “transformación productiva” que tiene lugar a partir de los años 90 del Siglo pasado, se ha propuesto como elemento central de la política económica, la inversión y la exportación. Con ello se plantea la necesidad de aumentar el comercio a través de productos fabricados con alto contenido tecnológico. La disminución actual de los precios del petróleo ha profundizado en la crisis de los países que tiene como principal renglón exportador los combustibles fósiles, lo que necesariamente obliga a la diversificación de sus producciones como vía para disminuir las importaciones e incrementar los rublos exportables.

En el diseño de nuevas instalaciones de la industria química y fermentativa no debemos perder de vista que, en la actualidad, en la economía mundial ocurre una globalización de los mercados, caracterizada o por una competencia creciente, que presiona hacia la búsqueda de tecnologías basa-

das en conocimientos científicos cuya incorporación al sistema productivo permiten reducir costos, mejorar la calidad, ahorrar energía y materias primas escasas, a la par de aumentar la productividad de la fuerza de trabajo.

La incidencia de las materias primas en la producción se ve desplazada por el creciente peso del conocimiento en ella, en lo que se ha dado en llamar: desmaterialización de la economía.

Los avances en la Industria Químico Farmacéutica y sobre todo, la joven Industria Biotecnológica han promovido el desarrollo de técnicas de separación y purificación de productos. Entre las más difundidas en la actualidad, para estos fines, se destacan las **Técnicas** de:

- La cromatografía
- El intercambio iónico
- La filtración por ósmosis inversa, la nanofiltración y la ultrafiltración
- La centrifugación y la ultracentrifugación
- La destilación molecular
- La extracción supercrítica
- La cristalización selectiva

Por otro lado, incremento explosivo de las investigaciones y la disminución en el tiempo de los plazos de la aplicación práctica de los resultados científicos, va convirtiendo cada vez más a la ciencia en un instrumento fundamental para el desarrollo de las fuerzas productivas de la sociedad y el perfeccionamiento de la vida social en su conjunto.

Es entonces necesario, reforzar la estrategia socio-económica aplicada, que incorpore el conocimiento y los avances de la ciencia y las tecnologías, a las necesidades del desarrollo de los procesos de la Industria Química y Fermentativa.

Es entonces evidente, que el desarrollo de la ciencia y la tecnología están determinados en gran medida por los propósitos económicos y sociales del país.

La ciencia es una forma idónea de investigación, pero también de solución de problemas.

### **Conocimiento y ventaja competitiva**

En economía el término ventaja competitiva se usa para referirse al valor añadido que una empresa es capaz de crear para sus clientes. Se han propuesto varias estrategias complementarias para lograr ventaja competitiva, entre ellas se destacan las que propone Porter (1987):

- (1) *el liderazgo en costes*: mantener los costes de producción más bajos que los de sus competidores y lograr simultáneamente un elevado volumen de ventas.
- (2) *la diferenciación*: ofrecer un producto o un servicio que sea percibido como diferente en el mercado.

(3) *la focalización*: concentrarse en un grupo específico de clientes, en un segmento de la línea productiva o en un mercado geográfico concreto.

Desde finales del siglo XX se propuso el uso adecuado de la información y, en especial, del conocimiento como la principal fuente de diferenciación en un mercado cada vez más competitivo y global (Grant, 1991) y (Schoemaker, 1992).

Dentro de los recursos que cada organización posee cabría distinguir entre los recursos tangibles –capital, mano de obra y tierra– y los recursos intangibles o capacidades –mezcla de habilidades y conocimientos que la organización posee. De hecho, algunos investigadores sugieren que la principal ventaja organizativa proviene de la creación, obtención, almacenamiento y difusión del conocimiento (Nahapiet y Ghoshal, 1998).

Precisamente son estos recursos intangibles los que explican la diferencia, en algunos casos notable, entre el valor de cotización de la empresa en el mercado y su valor contable. En el valor de mercado se consideran no sólo los recursos tangibles de la empresa, sino también los recursos intangibles –que la mayor parte de las veces no quedan registrados en el valor contable de la empresa–, principalmente el capital intelectual. Prescindiendo del componente especulativo, existe consenso en considerar la importancia de dichos componentes intangibles, los cuales permitirían la obtención de ventajas competitivas sostenibles en el tiempo.

En este sentido, intangibles tales como la cualificación de los empleados de una empresa estarán directamente relacionados con el valor de mercado de la misma –el valor reflejado en su cotización bursátil–.

Las organizaciones del futuro sólo podrán adquirir y mantener ventajas competitivas mediante el uso adecuado de la información y, sobre todo, del conocimiento. El tipo de conocimiento que puede aportar ventajas competitivas a una organización abarca un rango muy amplio que incluye desde aquel que se puede patentar hasta el conocimiento sobre las necesidades de los clientes, pasando por el conocimiento que permite mejorar el servicio de atención posventa u optimizar los procesos de producción.

También en el nuevo contexto político internacional y sobre todo en los países tercermundistas, se ha venido produciendo una amplia discusión sobre la necesidad de crear nuevas líneas de acción teórico-metodológicas que permitan ver la tecnología y el conocimiento como aliados claves en la lucha contra la exclusión social y la pobreza (Palacios, 2011).

Es entonces de interés analizar como precisamente en investigaciones realizadas sobre el tema por estudiosos del norte se refleja que “combatir la pobreza requiere de ciertas condiciones, que parten de la existencia de una investigación académica con la cual se lleven a cabo nuevas aplicaciones, así como de la capacidad empresarial para insertar los avances tecnológicos en sus procesos productivos y de la acción del estado, tanto para crear los

incentivos necesarios como para idear formas de adaptación de la tecnología a la implementación de las políticas sociales (Aghion y Trebbi, 2007).

Aunque durante muchos años este interactuar fue explicado mediante el llamado Triángulo de Sábato (Cunningham, 1997), hoy esta más en uso el llamado desarrollo de la “triple hélice” en el cual se redimensionan las relaciones gobierno-universidad-empresa para la generación de una mayor capacidad innovativa (Etzkowitz, Leydesdorff; 1997).

Así pues, si una organización desea ser competitiva de forma sostenida en el tiempo, ésta deberá identificar, crear, almacenar, transmitir y utilizar de forma eficiente el conocimiento individual y colectivo de sus trabajadores con el fin de resolver problemas, mejorar procesos o servicios y, sobre todo, aprovechar nuevas oportunidades de negocios.

Precisamente y por ello, en las últimas décadas se ha asistido a una verdadera eclosión de técnicas de gestión empresarial que persiguen un objetivo común que, en esencia, puede formularse con el aforismo “hacer más con menos”. Lo que se persigue es, según los casos: reducir la fuerza de trabajo, acelerar los procesos de diseño y lanzamiento comercial de nuevos productos, acortar los plazos de fabricación o aumentar la variedad de la gama de productos.

Siendo una impronta de la época que la tecnología incida cada vez más en las posibilidades empresariales, por lo que se requiere pasar de la perspectiva tecnológica tradicional, que no posibilitó el desarrollo, a una prospectiva tecnológica basada en: la búsqueda de posibilidades, la exploración de nuevos campos y la localización de recursos; todos ellos tendrán que descansar necesariamente en un análisis multilateral y pormenorizado de los factores y cambios tecnológicos de la empresa, para lo cual debería cumplirse una Previsión Global, cualitativa y múltiple que cumpla el requisito de ser instrumento para la acción.

El gran interrogante es: ¿Cómo diseñamos una instalación para un proceso industrial, si tenemos incertidumbre sobre ciertas cantidades en la información del proceso?

Tradicionalmente para el diseño de una instalación de la Industria Química Fermentativa o Farmacéutica se asume que:

- Los flujos y concentraciones son conocidos y estables
- Datos confiables de diseño están disponibles
- Los modelos del proceso tecnológico son correctos

Como se comprende, la suposición tácita de que para el diseño de un proceso se dispone de toda la información necesaria, no suele ser cierta, y lo que conocemos con certeza es que hay error en nuestros datos, usualmente errores en los modelos y los flujos, las temperaturas, las concentraciones cambiaran con el tiempo, por esto, el ingeniero debe moverse en un ambiente impreciso, en adición, desdichadamente, desde el momento en que se concibe un Proceso Industrial hasta su realización y maduración transcurre un período más o menos largo de tiempo y por otro lado no siem-

pre está disponible toda la información para el diseño de una instalación o para una parte sustancial de esta. Cuando se desarrollan nuevos procesos industriales, partiendo de procedimientos de laboratorio, se acrecientan las dudas para el diseño de la instalación industrial, toda vez que operaciones de manipulación de fluidos, calentamiento o separación por solo citar algunos se ejecutan en muchas ocasiones en el laboratorio por procedimientos impracticables industrialmente, por lo que deben proyectarse soluciones de ingeniería en el escalado industrial de estos procesos tecnológicos que necesariamente tendrán una gran incidencia en la factibilidad y viabilidad técnica, económica y comercial del proceso estudiado.

Además, muchas veces en el proceso de construcción y montaje de una instalación industrial se introducen cambios que modifican el diseño del autor del Proyecto, esto trae como consecuencia, que las condiciones reales a las que se opera el sistema industrial difiera de las que se consideraron en su proyección, por lo que en el diseño de una nueva instalación de la industria de procesos se requiere considerar la incertidumbre de los aspectos tanto técnicos como económicos.

Es por todo esto importante, diseñar para todo un rango de las condiciones de operación y no ajustado a un único punto.

La gran pregunta es entonces: ¿Cómo diseñamos las operaciones cuando no tenemos certeza sobre la información del proceso?

En la práctica de ingeniería muchos problemas de incertidumbre en los datos de diseño se resuelven a través de los estudios a escala de Planta Piloto o tomando valores industriales de instalaciones similares ya existentes.

Un estudio de esas características para una instalación de la IQyF requiere de diversos enfoques y métodos de eliminación de la incertidumbre en el diseño de la nueva instalación, en lo que hay que considerar la experiencia acumulada en el escalado y diseño de nuevos procesos tecnológicos mediante plantas o equipos a escala piloto, así como el aporte que la aplicación de los métodos de modelación matemática ha hecho en la extrapolación de los resultados de laboratorio con ayuda del conocimiento fenomenológico de los procesos.

En la ingeniería de Procesos se empleó durante mucho tiempo para resolver los problemas de incertidumbre la adición de un factor de sobre diseño. En la literatura se ofrecen los por cientos de sobre diseño para numerosos tipos de equipos y rangos de escalado de acuerdo con la experiencia acumulada.

### **Gestión del Conocimiento**

La vida útil de una instalación industrial necesariamente se extiende hacia el futuro, por lo tanto el diseño debe tratar de asegurar las mejores condiciones futuras, de manera que mientras más incierto e impreciso es el pronóstico, más incierto e impreciso es el diseño, por lo que el pronóstico es indispensable debido a que los errores en las respuestas del sistema

tecnológico a las demandas futuras son penalizados costosamente, lo que refuerza la necesidad de determinar las variables requeridas para su diseño y construcción, lo que se logra con un acertado sistema de pronóstico que descansa en una adecuada gestión de conocimiento en concordancia con una conducta proactiva que permita aprovechar las oportunidades que el desarrollo científico-técnico pueda brindar a la competitividad de las tecnologías que se instalan, así como las fortalezas de la tecnología que mediante un análisis de concurrencia se seleccione, previendo acciones de Innovación Tecnológica que permitan mitigar en el tiempo las amenazas y las debilidades de la tecnología instalada.

Los pronósticos de interés para el ingeniero de procesos se dividen en dos grupos principales, ellos son:

1. *El pronóstico de negocios*: incluye la predicción de la demanda del mercado y de los precios de los materiales, la energía, los productos terminados, el costo y la mano de obra disponible, la existencia y talento de la competitividad comercial.

2. *El pronóstico técnico de entorno*, incluye predicciones de cómo:

a) la naturaleza puede responder a nuestras acciones.

b) la vigilancia tecnológica puede responder a temas de interés sobre el proceso, la actividad y selectividad de catalizadores, la durabilidad de materiales de construcción, las necesidades para el mantenimiento y el reemplazo de equipos, entre otros.

c) las variaciones en las condiciones ambientales como agua, aire, temperatura y suelo, entre otros.

Un factor determinante en el pronóstico técnico, es el incremento de la competitividad técnica de la sociedad, por lo que en la estimación del diseño de una instalación industrial e incluso de la mejor capacidad inicial de un sistema de procesos en una economía dinámica está incluida la evolución de la ciencia, la técnica, así como, el incremento de la capacidad de aprendizaje tecnológico de los ingenieros de la planta.

Es por lo anterior, que la Gestión Tecnológica en organizaciones industriales, es la gerencia proactiva y sistemática de todos los factores, acciones y herramientas asociadas con la adquisición o generación de nuevo conocimiento en la empresa desde el momento inicial de concepción de un proyecto hasta la optimización del producto en el mercado.

Se ha reconocido la necesidad de que la empresa se organice y actúe deliberadamente en la persecución de dos metas importantes:

- La obtención de la tecnología más adecuada a las características de la empresa, mercado y entorno.

- La maximización de la documentación a ser incluida dentro del “paquete tecnológico” a ser negociado.

Obviamente se trata de dos metas importantísimas del proceso de Gestión Tecnológica, del proceso de gerencia de los factores, acciones y herramientas asociadas a la adquisición de nuevo conocimiento en la empresa.

En apreciaciones más completas del rol de la Gestión Tecnológica en la empresa industrial se llegan a considerar las etapas ingeniería y construcción como momentos relevantes del proceso de adquisición y generación de nuevo conocimiento. La desagregación tecnológica, la participación en el diseño, las actividades de inspección técnica, etc., han sido como herramientas **útiles** de promoción del conocimiento en la literatura sobre el tema. No obstante, no satisfacen cabalmente todas las dimensiones de los procesos de adquisición y generación de conocimientos.

Cuando de Gerencia de Conocimientos hablamos, entendemos por esta, el proceso de organización, planificación, control y producción, aplicado a la creación de nuevos conocimientos en las organizaciones. Es decir, la gestión integrada de la generación y asimilación de nuevos conocimientos y de las tecnologías de la información, aplicadas a las áreas estratégicas y a los factores críticos de competitividad y pertinencia de una organización.

En lo relativo a la Investigación Científica, es necesario incorporar como segmentos importantes: la producción científica en términos de problemas cardinales de las ciencias y la incorporación a redes internacionales de generación de conocimiento.

Como se comprende, tales metas del conocimiento no se pueden lograr sin una oportuna y eficiente gerencia proactiva, que prevea hacia donde se acrecentará a corto y mediano plazo el nivel de conocimientos. Esto sólo se logra a través de un riguroso trabajo de formulación y evaluación de proyectos, razón por la cual, como se ha dicho, la Gerencia de Desarrollo se complementa con la Gestión de Proyectos.

Como Gerencia del Desarrollo se entiende, la previsión y evaluación de las actividades futuras de las empresas, siendo la esencia de su gestión la selección de oportunidades de negocios y su evaluación, mientras que la Gestión de Proyecto se ocupa de formular y evaluar el mismo.

Por lo anterior, es imprescindible al gerenciar el conocimiento en el diseño y escalado de los procesos de la IQyF considerar la incertidumbre como un reto a resolver en la ingeniería de procesos, considerando que existen bases científicas para encararlo.

Coincidente con esta necesidad práctica, el *Análisis Complejo de Procesos* a través de su complejidad ha venido abordando con éxito la consideración de la incertidumbre tanto de la disponibilidad del equipamiento, como de los parámetros de operación de equipos e instalaciones industriales o para determinar la necesidad de la profundización científica a través de investigaciones previas basadas en los trabajos de los clásicos.

Realmente, los procesos de la Industria Química están sujetos a muchas variaciones y no siempre está disponible toda la información para el diseño de una instalación o para una parte sustancial de esta en varios aspectos (González, 2005).

La disminución de la incertidumbre puede generar ahorros considerables, por lo que es altamente estimulante reducir la incertidumbre e incluir sistemas de control.

Lo que justifica en muchos casos, que antes de diseñar la instalación para un proceso industrial, se invierta en estudios encaminados a minimizar los puntos neurálgicos en la incertidumbre de los nuevos procesos industriales, en lo que no se deben descartar los aspectos referidos a la calidad de la seguridad de la instalación, en lo que es importante considerar los trabajos de Haupmanns (1998, 1999 y 2000).

Cuando consideramos la incertidumbre en el análisis y diseño de instalaciones de la industria de Procesos Químicos, deben considerarse las acciones para la correcta terminación y valoración de resultados en la IQyF (González y Miño, 2015).

El problema básico en la fase preliminar de planificación de una inversión, es la estimación de la capacidad inicial de diseño que brinde un balance económico favorable entre el período inicial improductivo, y las alternativas de ahorros de inversiones para nuevas capacidades que se elevan durante un largo proceso, en adición a esto, las nuevas tendencias del mercado y el Proceso Innovativo que se requiere de la industria para que sea verdaderamente competitiva, obligan a considerar la necesaria flexibilidad de los procesos industriales para enfrentar la demanda de nuevos productos muchas veces no concebidos en el momento inicial de la instalación, lo que tiene una expresión de singular interés cuando se aborda la tarea de reconstruir o modernizar instalaciones industriales existentes en condiciones energéticamente sustentables y ambientalmente compatibles.

En la actualidad, las variaciones que ocurren en los precios de las materias primas, las dificultades con los suministros de las materias primas, así como la necesidad de acceder a los mercados con productos competitivos y de acuerdo a las diferentes demandas obligan a considerar la flexibilidad de las producciones ya no tan sólo a niveles de plantas multi-propósitos, productoras de artículos de alto valor agregado, sino también en instalaciones industriales que necesiten ser flexibles ante las numerosas formas de variación que deben enfrentar y para lo cual deben mantener un control del proceso, siendo entonces el objetivo supremo sintetizar un diseño que sea *flexible, óptimo y operable*.

En realidad el objetivo supremo en el diseño de una instalación de procesos de la Industria Química es que el diseño sea óptimo y operable.

En adición a lo anterior, el propio Douglas (1995) señala que en casos estudiados existen diferencias significativas en los costos de los productos que se fabriquen utilizando tecnologías de procesos con esquemas integrados y no integrados, para diseños en condiciones nominales; por otro lado como se ha dicho, la enorme expansión de la producción industrial ha tenido sobre todo motivaciones económicas, y si no se consideran en adelante otros factores, puede representar un peligro para la existencia hu-

mana. Esta realidad se reconoce en el concepto de Desarrollo Sustentable, lo que de hecho implica considerar en la solución de un problema práctico el efecto de las decisiones del diseño sobre los parámetros de respuesta en lo económica, cualitativo y ambiental, lo que como se sabe es complejo, pues como han demostrado las modernas ciencias naturales “no se puede plantear el problema de alcanzar, simultáneamente, el extremo para dos o más funciones de una o varias variables (Orudzhev, 1978).

Precisamente, en la literatura internacional ha surgido como una necesidad de la práctica varios trabajos reflejando el interés por la optimización con criterios de múltiple comportamiento y como resultado de este esfuerzo, la UNESCO ha publicado documentos sobre el tema (Barba-Romero, 1994) y (Martínez, 1999).

Considerando la importancia de los estudios de integración de procesos, en la literatura científica se han reflejado avances en la aplicación de diferentes métodos para lograr la mejor integración (González, 2005). Por otra parte, como quiera que en la actualidad en los procesos inversionistas se reflejan con mayor exigencia, entre los requerimientos, la consideración de la variable ambiental, ha surgido en el diseño óptimo de los procesos industriales el concepto de diseño de procesos limpios propuesto por Hurme (1996), y de la aproximación global de funciones objetivos integradas propuestas por Garrison (1996).

Estos métodos cobran especial fuerza cuando ante un esfuerzo de desarrollo ambientalmente compatible y energéticamente sustentables se intenta en condiciones de incertidumbre diseñar y proyectar procesos asociados a instalaciones ya existentes en las cuales las variaciones en los procesos integrados pueden tener un efecto nocivo en la efectividad ambiental y técnica económica de la instalación.

En particular la fortaleza de este concepto de Síntesis e Integración de Procesos es el que ha sido desarrollado para lograr:

1. Proveer una visión general de todos los flujos residuales en la planta (en lugar de analizar el flujo residual generado en cada equipo o etapa independiente).
2. Estudiar las tecnologías que pueden ser utilizadas en la recuperación de residuales.
3. Identificar los objetivos de eficiencia (tales como costo mínimo, extensión máxima de la integración del proceso).

Para utilizar este concepto, el diseñador debe tener la capacidad de valorar los escenarios que existen para lograr la tarea objetivo (en nuestro caso reducción del residual a través de la separación de los agentes contaminantes del flujo de residual).

Para lograr el propósito de identificar la configuración óptima, se han desarrollado herramientas para la síntesis de procesos.

La *Síntesis de Procesos* es la integración de todos los elementos del proceso para generar la óptima configuración del mismo (sobre todo proce-

sos de diseño) que garanticen los objetivos de: mínimo costo anual, mínima emisión de residuales y máxima eficiencia energética.

El desarrollo creciente de estas herramientas ha llevado a la ampliación de estos conceptos y se ha introducido una nueva filosofía de diseño: la *Manipulación Total de los Residuales* (MTR), ya que si bien el centro de la MTR es la reducción del impacto negativo al ambiente, la MTR es un concepto más general que se refiere a cualquier actividad de derroche, pues en la mayoría de los procesos, afecta a su eficiencia y economía.

De lo anterior se comprende que el estudio para la integración de procesos permite mediante las herramientas de Síntesis de Procesos Integrados (SPI), resolver dos aspectos fundamentales en el diseño de procesos limpios, por un lado el costo mínimo requerido para llevar a cabo una tarea específica de reducción de residuales y por el otro cuáles son las tecnologías óptimas requeridas para llevar a cabo la minimización del residual.

### **Consideraciones finales**

Las vías modernas para el diseño de nuevas instalaciones en la IPQyF, incluyen diversos aspectos, entre los que resaltan con especial importancia los concernientes a la incertidumbre existente sobre las variables, coeficientes de diseño, así como los cambios en el entorno en lo ambiental, tecnológico y financiero, lo que obliga a gerenciar conocimientos para minimizar esa incertidumbre en busca del ahorro de gastos innecesarios que se produzcan por temor a no lograr una instalación con suficiente capacidad y flexibilidad de operación.

Afortunadamente existen conocimientos para abordar con éxito esta tarea en diferentes campos de la IPQyF, en ello la experiencia demuestra la posibilidad de diseñar procesos óptimos flexibles, para lo cual se disponen de numerosos métodos de optimización que tiene como requerimiento el profundo conocimiento de los procesos tecnológicos que se pretenden optimizar, por lo que es aconsejable estudiar las características de escalado y diseño de las principales Operaciones Unitarias, así como los aspectos concernientes a la ingeniería de las reacciones químicas y fermentativas.

El estudio de los métodos de consideración de la incertidumbre en el diseño merece profundización sobre todo en lo referente a incertidumbre en: a) los datos de diseño, b) la disponibilidad de la instalación, c) en lo financiero.

La integración de procesos ofrece alternativas de hacer más competitivos los diseños desde el punto de vista económico y energético. Abre también una posibilidad de gran actualidad en el desarrollo de procesos de tecnologías limpias y la aplicación de métodos de optimización multicriterios.

## Referencias bibliográficas

- Aghion, P.; Trebbi, A. (2007)  
Democracy; Technology and Growth. Harvard. Harvard University and University of Chicago.
- Barba-Romero, S.  
“Evaluación multicriterio de proyectos”. En: Ciencia, Tecnología y Desarrollo: Interrelaciones teóricas y metodológicas. Editorial Nueva Sociedad. Caracas, 1994.
- Cunningham, R.  
Análisis y selección de oportunidades de negocios en la empresa moderna. Editado por el Programa CYTED. Buenos Aires .1997.
- Douglas, P. L.  
Design & Scale - Up Under Uncertainty. III Taller Internacional de Escalado, Habana 95, La Habana, 1995.
- Etzkowitz; H. L. Leydesdorff, eds. (1997)  
Universities and the global Knowledge Economy. A Triple Helix of University - Industry - Government Relations. Londres. Pinter.
- Garrison, G.W.; H.D. SPRIGGS, M. M. EL - HALWAGI  
“A Global Approach to Integrating Environmental, Energy, Economics, and Technological Objectives”. The 5 th World Congress of Chemical Engineering” California, USA, July 1996.
- González, E. (Editor)  
Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica. Editorial Científico Técnica., La Habana ,2005. pp 263 .ISBN: 959-05-0377-2 (Premio al libro científico del Instituto del Libro y la ACC 2003 y Premio de la Crítica Científica 2005).
- González Suárez, E.; Miño Valdés, J.E. (2015)  
Acciones para la correcta terminación y valoración de resultados en la industria química y fermentativa. EdUNaM /ISBN 978-950-579-379-2/ Posadas, Argentina.
- Grant, R. M. (1991)  
“The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation”. California Management Review. Vol. 33, núm. 3, pág. 114-135.

- Hauptmanns, U.  
 “Computer-aided valuation of safety management”. Trans IchemE. Vol. 76, Part B, November 1998 (286-290).
- Hauptmanns, U.  
 Computer-aided valuation of safety management- a PSA perspective. Proceeding of ESREL’99- European Conference on Safety and Reliability, Munich- Garching, Germany, 1999.
- Hauptmanns, U.  
 “Valuation of the Quality of Safety Management”. Chem. Eng. Technol. 23 (2000) 7, 633-636.
- Hurme, M.  
 “ Conceptual Design of Clean Processes: Tools and Methods. The 5 th World Congress of Chemical Engineering” California, USA, July 1996.
- Martinez, E.  
 “Evaluación y decisión multicriterio”. Reflexiones y Experiencias. Editorial de la Universidad de Santiago. UNESCO. 1999.
- Nahapiet, J.; Ghoshal, S. (1998)  
 “Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage”. Academy of Management Review. Vol. 23, núm. 2, pág. 242-266.
- Orudzhev, Z. M.  
 “La dialéctica como sistema”. Editorial de Ciencias Sociales. Ciudad de la Habana. 1978, 239.
- Palacios Bustamante; R. A. (2011)  
 Conocimiento, innovación y desarrollo social en la integración latinoamericana: Un modelo alternativo para Venezuela. Fondo Editorial IDEA. Caracas. ISBN:978-980-6762-03-9.
- Pavón Morote, J.; A. Hidalgo Nuchera  
 “Gestión e innovación”. Un enfoque estratégico. Ediciones Pirámide. 1997.
- Porter, M.E. (1987)  
 Ventaja competitiva. México D.F.: Editorial Continental.
- Schoemaker, P.J.H. (1992)  
 “How to link strategic vision to core competences”. Sloan Management Review.



## CAPÍTULO II

### **Prospectiva Tecnológica para el desarrollo sostenible y ambientalmente compatible de la industria química y fermentativa**

Erenio González Suárez  
Juan Esteban Miño Valdés  
David Muto Lubota  
José Bautista del Rosario

#### **Introducción**

La industria de procesos químicos para su desarrollo competitivo requiere de un esfuerzo innovador constante que sólo podrá materializarse si se aplican los adelantos de la ciencia y la técnica. En el caso específico de Cuba, es de vital importancia lograr este desarrollo competitivo en la industria azucarera, por ello se dedican grandes esfuerzos a este desarrollo siguiendo una metodología que combina los Estudios Prospectivos y el Análisis de Procesos como caso específico y trascendental, para la el desarrollo de la industria química Cubana.

Por otro lado, como se conoce, en los últimos años se incrementó el nivel de incertidumbre y complejidad de la vida social y de la transformación económica, política, científica y tecnológica en un mundo cada vez más interdependiente; además y desafortunadamente, desde el momento en que se concibe un proceso industrial hasta su realización y maduración transcurre un período más o menos largo de tiempo. Por otro lado, frecuentemente existe incertidumbre en algunos de los datos para el diseño de los equipos de una planta industrial y muchas veces en el proceso de construcción y montaje de una instalación se introducen cambios que modifican el diseño del autor del Proyecto. Esto trae como consecuencia que las condiciones reales a las que opera un sistema industrial difieran de las que se consideraron en su proyección, por lo que en el desarrollo competitivo de las instalaciones de la industria química deben considerarse los diferentes niveles de incertidumbre.

Afortunadamente en el plano científico internacional han aparecido propuestas metodológicas y resultados en el campo de la obtención de productos químicos de diferentes materias primas que permiten estudiar soluciones para el desarrollo competitivo de este sector industrial.

#### **Desarrollo Competitivo de la Industria Química: Prospectiva Tecnológica y Análisis de Procesos**

La competitividad de una empresa está influida por su cultura, que incluye los aspectos concernientes a los problemas económicos, tecnológicos, organizativos, y ambientales. En la medida que una empresa es capaz

de desplegar una mayor capacidad de aprendizaje es entonces está más capacitada para ser competitiva en un entorno cambiante.

Por otro lado la competitividad de la empresa está influida por su contexto, que incide prospectivamente en su desarrollo tanto en su conducta a corto como a largo plazo.

De cualquier modo los desarrollos competitivos de las empresas de la industria química tendrán que desarrollar con un nivel de riesgo y anticipación que podrán disminuirse en la medida que se despeje la incertidumbre en cualquiera de sus manifestaciones.

En la práctica muchos problemas de incertidumbre en los datos de diseño se resuelven a través de los estudios a escala de Planta Piloto o tomando valores industriales de instalaciones similares ya existentes.

Cuando se desarrollan nuevos procesos industriales, partiendo de procedimientos de laboratorio, se acrecientan las dudas para el diseño de la instalación industrial, toda vez que operaciones de manipulación de fluidos, calentamiento o separación por solo citar algunos se ejecutan en muchas ocasiones en el laboratorio por procedimientos impracticables industrialmente, por lo que deben proyectarse soluciones de ingeniería en el escalado industrial de estos procesos tecnológicos que necesariamente tendrán una gran incidencia en la factibilidad y viabilidad técnica, económica y comercial del proceso estudiado.

Considerar la incertidumbre en el diseño y escalado de los procesos de la industria química y fermentativa se hace un problema cardinal de la ingeniería de procesos, como se comprende es una necesidad y además existen bases científicas para enfrentar este reto.

Precisamente, los problemas de incertidumbre en la ingeniería de procesos, así como los principios metodológicos para su consideración en el diseño de nuevas instalaciones fueron ordenados por Rudd y Watson (1968) en cuatro direcciones, a saber:

- Los aspectos relacionados con la determinación del mejor ajuste del diseño un proceso a los cambios futuros;
- Los aspectos concernientes a la incertidumbre de los datos de diseño de los equipos;
- Los aspectos relacionados con la consideración de las fallas operacionales de los equipos componentes del proceso tecnológico el diseño de instalaciones completas
- Los aspectos relacionados con el efecto de los cambios en el entorno en el diseño y operación de instalaciones de procesos químicos.

Como antecedentes y referidos en la mencionada obra en la literatura científica aparecieron entre otros, trabajos como los de los mismos autores. Posteriormente han aparecido otros trabajos dirigidos a la consideración de la incertidumbre en la estrategia de procesos químicos, entre los que resaltan entre otros: la obra de Himmelblau (1970), Douglas (1995) así como de Badea y Cutcutache (1984 y 1987) en la literatura internacional.

Debido a lo anterior todo parece indicar que son precisamente las inciertas y complejas circunstancias que se presentan hoy ante la casi totalidad de las organizaciones, en cualquier lugar, lo que hace difícil suponer que estas pueden mantenerse y expandirse en el futuro sin contar con una apreciación suficientemente clara de los posibles caminos que podrían emprender en lo adelante y de las implicaciones que tendrían las decisiones que se tomen en el presente en relación con el porvenir.

Esta necesidad de imaginar los diversos mundos en que nos podría tocar vivir lo cual, en otro orden, resulta una aspiración inherente a la naturaleza humana trasciende el tipo de esfuerzo destinado a predecir o adivinar un futuro que, en la realidad, aun no existe y que, además, no es ni único ni predeterminado.

De lo que se trata aquí, en su lugar, es de esa función que en el marco de la actividad gerencial tiene como propósito esencial crear una determinada capacidad anticipatoria ante las distintas situaciones que hipotéticamente podrían ocurrir y que afectarían a la organización; de la preparación de concepciones y propuestas a tomar ante cada una de las posibles circunstancias, a partir de un método de razonamiento lógico, amplio y sistemático, que hace de la evaluación del presente y que persigue establecer los nexos y conexiones de éste con los futuros posibles y probables. Esta función gerencial, que debe ser considerada como componente de un sistema anticipatorio más amplio de gestión estratégica, tiene, ante todo, la misión fundamental de tratar de anticipar el conocimiento acerca de las condiciones combinantes del mundo exterior a la organización y de ella misma, así como contribuir al aprendizaje de la mejor manera de vivir en él.

El término “prospectiva”, cuya aparición se ha hecho frecuente en la literatura especializada que sobre técnicas de dirección, administración o gestión se publica en los últimos años en Iberoamérica, expresa la idea de búsqueda de posibilidades, exploración de nuevos campos, localización de recursos.

En efecto, este concepto, que adelanta al más tradicional pronóstico, se refiere esencialmente al conocimiento de antemano de qué puede ocurrir, pero sin una posición proactiva o de acción modificativa del posible curso de los acontecimientos, constituye un tipo de reflexión que conduce el análisis y proyección de las múltiples alternativas o variantes que, con determinadas probabilidades, pueden existir en el futuro, partiendo de las posibles actitudes y comportamientos de los diferentes factores o actores que intervienen en una situación o problema y que determinan la adopción de distintas estrategias factibles. Es decir, ya hoy resulta totalmente insuficiente (aunque imprescindible en un principio) contar solo con un conocimiento anticipado de qué puede ocurrir, sino que es necesario, además crear las condiciones para poder actuar antes. En esto estriba una diferencia esencial entre ambos conceptos mencionados.

Por otra parte, rigurosamente hablando, es necesario señalar que la función “prospectiva”, en el contexto de la gestión empresarial, no debía ser identificada con un aspecto particular de esta actividad, ya fuera este el comercial, el financiero, el productivo o incluso el etnológico, debido, entre otras razones, al hecho de que en el mundo actual es cada vez más difícil poder separar o aislar áreas específicas con una naturaleza o contenidos únicos. En la práctica todos los componentes o esferas de una organización se encuentran estrechamente interrelacionados y por esto pierde sentido referirnos a problemas “estrictamente comerciales” o a cuestiones “exclusivamente tecnológicas”.

Es precisamente de la interpretación y armonización de los distintos elementos o planos de la gerencia de donde parece surgir uno de los rasgos más importantes de la competitividad, con lo cual no se niega, sino se reafirma, la necesidad de una especialización de las funciones que debe cubrir cada parte de la organización.

Debido a lo anterior, cuando a la función “prospectiva” se le adiciona el calificativo de “tecnológica” lo que se subraya con esto es el especial significado de esta última esfera en el contexto de la reflexión prospectiva y, en especial, de la que se aplica en los marcos empresariales. Ello, en otro orden, obedece a dos causas principales:

- a) el *factor tecnológico*, entendido aquí como innovación tecnológica, constituye un componente esencial del logro de la competitividad
- b) la *debilidad crónica* que, en general, se presenta en este aspecto clave de la efectividad y la competencia en los países no desarrollados

En síntesis, lo fundamental no es por tanto obtener una visión aislada del aspecto tecnológico en el futuro, separada de los demás elementos o “piezas” de la vida económica y social, sino examinar el lado tecnológico en estrecha conjunción con los restantes ingredientes de la actividad de la organización; la influencia de la tecnología sobre ellos y de estos sobre la primera.

En 1977, Michel Godet (1977) caracteriza, en forma muy sintética, los principales rasgos distintivos de los enfoques de la previsión “clásica” y de la “prospectiva” y define este último término como previsión global, cualitativa y múltiple.

**Tabla 2.1.:** Comparación de la previsión y de la prospectiva

Aspectos	Previsión clásica	Prospectiva
Visión	Parcial	Global
Variables	Cuantitativas: objetivas y conocidas	Cualitativas: cuantificables o no. Subjetivas: conocidas u ocultas
Relaciones	Estáticas Estructuras constantes	Dinámicas; estructuras evolutivas
Actitud hacia el futuro	El pasado explica el futuro.	El futuro es la razón de ser del presente
	Único y seguro	Múltiple e incierto
	Pasiva o adaptativa	Activa y creativa

Fuente: Godet (1977).

Desde un punto de vista práctico, estas definiciones contienen, explícita e implícitamente, algunos principios metodológicos y conceptuales generales que resultan importantes para comprender correctamente el alcance y la proyección de trabajo de la labor prospectiva en la actualidad.

Principios fundamentales de la prospectiva.

1. La prospectiva no es un método, ni tan siquiera un conjunto de métodos sino una “forma de ataque” a un problema, un enfoque para estudiar los posibles estados futuros de una situación dada.
2. Un propósito esencial de los estudios prospectivos consiste en encontrar los posibles puntos de ruptura o de inflexión en las tendencias de los fenómenos bajo estudio y determinar los factores o causas que puedan motivarlos.
3. Se parte de la posible existencia de múltiples manifestaciones en el futuro de un problema dado, lo que conduce al obligado examen de alternativas de soluciones diferentes entre sí respecto a un mismo objetivo.
4. El arsenal de métodos de la prospectiva constituye un conjunto abierto, al que van incorporándose nuevas herramientas de diversos campos del conocimiento. Cualquier método resulta válido, a condición que demuestre su eficacia y rigor en el esclarecimiento de las opciones de futuro de un objeto bajo análisis.
5. En un estudio prospectivo se interrelacionan distintos métodos, distintos factores o ángulos de un problema, e incluso diferentes puntos de vista (muchas veces contrapuestos) sobre una misma cuestión.
6. La forma natural de síntesis de los estudios en prospectiva hoy la constituye su expresión en términos de escenarios.
7. Atendiendo a esta diversidad de métodos, ángulos de estudios y puntos de vista, la realización de los estudios prospectivos debe ser llevada a cabo por equipos de trabajo multidisciplinarios.
8. El valor de los resultados de un estudio prospectivo estará en dependencia no del grado de refinamiento o satisfacción de los métodos utilizados, sino de su adecuada elección y aplicación, del correcto planteamiento del problema a estudiar y de la capacidad de penetración que se logre en la esencia misma de los procesos bajo estudio.
9. Los estudios prospectivos se realizan como objetivos concretos, y pueden ser de dos tipos:
  - a) una determinada disciplina como: biotecnología, electrónica, telecomunicaciones, etc.
  - b) una situación socioeconómica determinada, una región, una empresa, un conjunto de empresas, una rama productiva o de servicios.
10. Los estudios prospectivos y sus resultados deben ser considerados como elementos fundamentales en el proceso de planificación y gestión económica a los distintos niveles de la sociedad y, en términos más

generales, como parte de los sistemas anticipatorios orientados hacia la formalicen de políticas de desarrollo y la toma de decisiones.

### **El Análisis Complejo de Procesos**

La complejidad del Análisis Complejo de Procesos consiste ante todo en:

- La inclusión de varias secciones, elemento y etapas o fases del proceso de producción, incluyendo el proceso principal correspondiente y los procesos auxiliares y secundarios decisivos para su efectividad.
- Descubrimiento y aprovechamiento de efectos del sistema para la intensificación.
- La magnitud relativamente grande de los objetivos a que se aspira cada vez y los resultados realmente logrados.

En la aplicación del Análisis Complejo de Procesos, a ejemplos prácticos se presentan, casi siempre, junto con resultados económicos concretos, un intento de generalizar las experiencias metódicas. Esto ha contribuido a ganar consenso sobre la posibilidad de utilizar de forma sistemática y controlados métodos teóricamente fundamentados. En la literatura se presentan métodos generales, estrategias y modelos para la optimización con vistas a la elaboración y evaluación de nuevos objetivos parciales, siendo un estímulo fundamental para la realización de los Análisis Complejos de Procesos, los trabajos que reflejan una amplia investigación sobre el comportamiento fiable de los procesos tecnológicos. por otro lado debe tenerse en cuenta, el hecho de que con el conocimiento sobre la gran información necesaria para los Análisis Complejos de Procesos y su significación en la seguridad de los resultados, ha aumentado en los últimos años la necesidad de la vinculación con el problema de la indeterminación de la información y el desarrollo de métodos de decisión en los procesos en condiciones de incertidumbre, así como otros relacionados con la aplicación de la computación al Análisis Complejo de Procesos.

Aunque hay experiencias en los países industrializados sobre el Análisis Complejo de Procesos, permanece aun como un problema científico y práctico por resolver su aplicación en las condiciones técnico económicas de países en desarrollo, en este sentido, para el caso de Cuba, en la Universidad Central de Las Villas se ha venido trabajando en la aplicación y adaptación del método en varias industrias del país (González; 1991).

El Análisis Complejo de Procesos, como vía para lograr la intensificación de los procesos tecnológicos de la industria química consiste en un amplio análisis científico técnico y técnico económico de un proceso existente o concebido, en lo referente a las posibilidades de realización óptima de los objetivos previstos, por ello constituye un elemento importante para tomar decisiones más científicas y responsables.

Por lo anterior, existe una importante relación entre la aplicación del Análisis Complejo de Procesos y el desarrollo científico técnico.

El Análisis Complejo de Proceso sirve para:

- (a) descubrir las partes débiles en el proceso de producción
- (b) implementar las medidas que eliminen (a) de forma parcial o completa

Esto conduce a un aumento de la efectividad, permitiendo un mejor aprovechamiento de las materias primas, la energía y los medios de trabajo, así como un aumento de los grados de eficiencia de la fuerza laboral y el mejoramiento de las condiciones materiales bajo las cuales ellos trabajan. La intensificación de la producción mediante el Análisis Complejo de Procesos, requiere la elaboración de objetivos económicos en cada industria de forma concreta, entre los que se encuentran de acuerdo con la experiencia acumulada:

- Aumento de la calidad y la cantidad de los productos elaborados
- Disminución de los consumos específicos y absolutos de materiales y energía
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo
- Ahorro de fuerza de trabajo
- Disminución de la contaminación ambiental

Una característica esencial que diferencia al Análisis Complejo de Procesos respecto de los métodos tradicionales, es que este no está dirigido a la eliminación de fuentes de pérdidas dispersas a los modos de trabajo inefectivos, sino al logro y aprovechamiento de las posibilidades del proceso, cuyo origen está ante todo en el desarrollo científico técnico.

Los efectos sobre todo el proceso están en el aumento de su rendimiento mediante el incremento continuo de los recursos potenciales individuales y el entrelazamiento de los recursos en un sistema estructural funcional y optimizado de los recursos, así como por el aprovechamiento de los potenciales totales y son posibles sobre la base de las siguientes relaciones:

1. En vez de medios de trabajo separados se emplean crecientemente instalaciones que a la vez están unidas entre sí, como sistemas de instalaciones. La construcción de instalaciones como sistema, así como el descubrimiento y solución de las causas de limitaciones de los procesos globales se ha puesto de manifiesto como una fuente extraordinariamente caudalosa para la intensificación. A menudo hay que superar en ellas limitantes existentes en determinadas esferas de dirección.
2. Además de los posibles efectos en el proceso mediante la construcción de un sistema de instalaciones y la modificación del rendimiento de las capacidades de los elementos y de la estructura del sistema de instalaciones, es igualmente de gran significación el mejor ajuste a las modificaciones de las materias primas y el equilibrio del medio ambiente. Este ajuste, hace necesario, una utilización preferencial de materias primas y portadores energéticos del país, así como su aprovechamiento cada vez más complejo y un perfeccionamiento en los sistemas cerrados.
3. La mayor utilización de los productos residuales, el más amplio aprovechamiento de la energía, etc. Posibilita también una mejor adaptación

de la producción al equilibrio del medio ambiente y con ello, una esencial reducción de la carga ambiental.

Con la intensificación, los procesos transcurren a velocidades cada vez mayores, lo que trae como consecuencia en el proceso significativos acortamientos de los tiempos requeridos para las reacciones y también de los obreros. La solución de los problemas de la dependencia temporal y la determinación temporal de las etapas individuales del proceso, así como de su ejecución en las instalaciones individuales unidas al sistema posibilitan efectos ulteriores en el sistema que son determinantes para la intensificación de la producción. Esto, también comprende medidas para la optimización de las existencias, para configuración de acoples variables y modos flexibles de marcha en sistemas de instalaciones.

4. Además de las conexiones materiales y energéticas en los sistemas de instalaciones son en gran medida determinantes los acoples informativos con vista a la intensificación en la escala de sistema completos de producción.

5. Aunque con mayor peso en las condiciones objetivas, al mismo tiempo también se ha dado creciente importancia a los factores subjetivos. De la actividad de los obreros en el proceso de producción resultan cada vez mayores los efectos. Esto se constata no solamente por los resultados positivos alcanzados, sino también por los daños causados por comportamientos erróneos demostrablemente de origen subjetivo o por descenso en los niveles de producción. Esto exige el perfeccionamiento de la capacitación y comprensión de los obreros en las instalaciones en las cuales se modifican las relaciones objetivas en forma de condiciones materiales de trabajo, de las funciones de la fuerza laboral, así como en la estimularon moral y material.

6. Los Análisis Complejos de Procesos deben realizarse siempre con el objetivo de explotar reservas en los procesos y las instalaciones tecnológicas y de mejorar las condiciones de trabajo y de vida de los obreros y representan una parte importante del rol activo del hombre y de la ciencia de los procesos productivos, permitiendo hacer aprovechables tecnológicamente los conocimientos de causa más modernos del desarrollo científico técnico en instalaciones existentes o concebidos.

Las conclusiones generales acerca de la nueva calidad del Análisis Complejo de Procesos de acuerdo con lo planteado por Budde y col. (1982) se resume como:

1. El Análisis Complejo de Procesos es una vía cualitativamente nueva y un enriquecimiento efectivo de los métodos para la intensificación de la producción.

2. Los métodos tradicionales de análisis de procesos se integran en la ejecución de los Análisis Complejo de Procesos.

3. De la aplicación de los métodos de Análisis Complejo de Procesos se extraen nuevos conocimientos metodológicos que permiten un incremento de la efectividad de los métodos de análisis parciales de procesos.

4. Los efectos del Análisis Complejo de Procesos sobre los sistemas estudiados se logra sobre las siguientes bases:

- Considerar sistemas de instalaciones y no plantas aisladas, lo cual es válido no solo para las nuevas instalaciones, sino también para la reconstrucción y modernización de las ya existentes.
- Partiendo de las realidades de la situación económica presentes y futura. Buscar una adaptación más efectiva las nuevas condiciones materiales y energéticas, así como el equilibrio con el medio ambiente.
- Mejorar el dominio de la independencia y los ajustes temporales de procesos que se desarrollen en varias fases o etapas.
- La aplicación de la microelectrónica en los sistemas para los lazos informativos.
- Perfeccionar las condiciones subjetivas dentro del proceso productivo.

Se hace evidente que con la ayuda del Análisis Complejo de Proceso se alcanza tanto una intensificación de las viejas plantas, como también puede prepararse y lograrse la intensificación de modernas instalaciones, altamente productivas estando las direcciones principales de acción del Análisis Complejo de Procesos en la elevación de la disponibilidad de la capacidad de las plantas y con ello en el ahorro de plazas de trabajo, así como en la reducción del consumo material, energía y productos auxiliares. Para lo que se requiere la determinación de los puntos débiles del proceso, de manera que podamos establecer que:

1. El Análisis Complejo de Procesos es un método para la intensificación de procesos de producción.
2. Cada Análisis Complejo de Procesos tiene que estar planificado y ser calculable, no limitándose a una aglomeración casual de actividades analíticas separadas del proceso y ejecutadas esporádicamente.
3. El Análisis Complejo de Procesos excluye una restricción arbitraria a aspectos individuales seleccionados.
4. Paralelamente al Análisis Complejo de Procesos, se ejecutan en otras áreas especializadas análisis de procesos, los cuales tienen importancia propia y métodos especiales.

Cada Análisis de Procesos tiene que partir de las particularidades específicas del proceso estudiado, de los materiales utilizados, la situación real de los equipos, por lo que en cada caso deben derivarse medidas y propuestas particulares, de manera que se aplique de forma creativa a cada situación concreta; sin embargo, deben encontrar expresiones cualitativas y cuantitativas de las reservas del proceso, por lo que la complejidad del análisis, comienza con un dominio completo del proceso estudiado, de modo

que no se excluye que se encuentren generalizaciones específicas para el Análisis Complejo de Procesos.

La variedad de relaciones dialécticas entre el Método de Análisis Complejo de Procesos y otros métodos para la intensificación y desarrollo de procesos, hacen necesario una valoración y aplicación práctica diferenciada en cada caso, donde están vinculadas al Análisis Complejo de Procesos, las tareas de investigación y desarrollo como premisas fundamentales para el tránsito hacia el logro de la intensificación, que tendrá que descansar necesariamente en un análisis multilateral y pormenorizado de los factores y cambios tecnológicos de la empresa, para lo cual debería cumplirse una Previsión Global, cualitativa y múltiple que cumpla el requisito de ser instrumento para la acción.

Coincidente con esta necesidad práctica, el ACP a través de su complejidad ha venido abordando con éxito la consideración de la incertidumbre tanto de la disponibilidad del equipamiento como de los parámetros de operación de equipos e instalaciones industriales o para determinar la necesidad de la profundización científica a través de investigaciones previas basadas en los trabajos de los clásicos.

Por lo que no es posible realizar un estudio de Prospectiva Tecnológica sin considerar los modernos métodos de ACP.

### **Fuentes de materias primas para la industria química**

Tradicionalmente la industria de procesos químicos ha tenido su más fuerte base de desarrollo en los recursos mineralógicos y en especial de los combustibles fósiles, sin embargo, sin desdeñar su utilización, el desarrollo de la humanidad y la necesidad de preservar el medio ambiente aconsejan explorar otras fuentes de materias primas.

### **El uso de la biomasa para el desarrollo Industrial**

El uso de la biomasa como fuente de materias primas ha estado siempre presente en las alternativas de producciones para su desarrollo creciente, sin embargo, el concepto de bioproductos ha ido evolucionando, desde producciones con tecnologías simples, hasta las más recientes, basadas en la química sintética, la biotecnología y en los procesos de obtención de nuevos materiales, en esta misma razón se ha pasado de índices de valores agregados de la materia prima de alrededor de 5 valores en los menos ventajosos hasta 20 en los productos de elaboración más complejos.

El desarrollo potencial de la industria a partir del uso de la biomasa en el concepto de biorefinería, se fundamenta en las posibilidades de la biomasa como fuente de productos químicos y energía (Cunningham, 1995), y será económicamente factible sólo mediante una sólida integración agroindustrial, pues en la evolución del uso de los subproductos nos encontramos ahora en el momento en que las producciones derivadas aguas abajo, comienzan a integrarse estrechamente con las producciones principales, de

modo que puedan aprovecharse las ventajas de una y otra producción desde el punto de vista tecnológico, energético, y de situaciones coyunturales del mercado azucarero donde los residuos agrícolas y efluentes industriales correctamente utilizados puedan pasar a jugar un papel importante en la competitividad de las industrias que utilicen la biomasa como materia prima.

La matriz DAFO de la biomasa ha sido propuesta por Cunningham (1995) y ampliada por González (1996) de la manera que se resume en la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1.:** Matriz DAFO de la biomasa

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Recursos abundantes	Escaso desarrollo de infraestructura tecnológica
Cadena insumo/producto	Problemas de integración energética no resueltos
Costos	Cultivo cíclico
Tecnologías Simples	
Estructuras de Costos regionalista	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
Recursos sub-explotados	Valor agregado incorporado fuera de la región
Posible explotación colaborativa	Capital para el desarrollo limitado
Incorporar valor agregado en la propia región	Competencia del Mercado de productos

La producción de coproductos químicos debe enfocarse, siempre que las condiciones lo permitan, combinada con la de las producciones principales a través de esquemas tecnológicos integrados, vinculados entre sí, desde el punto de vista del proceso y energético. Esto permitirá la utilización de las corrientes secundarias de diferentes etapas del proceso tecnológico fundamental; para procesos fermentativos y otras posibles combinaciones. Estos esquemas deben concebirse en forma de ciclos tecnológicos cerrados, de manera de aprovechar todos los residuos para su conversión en productos útiles, al mismo tiempo que reciclar las aguas dentro de las fábricas para evitar la contaminación ambiental y disminuir su demanda total.

En el aprovechamiento de las **reservas energéticas** de los procesos de producción de bioproductos químicos aparecen dos direcciones; la *cogeneración* y el *uso eficiente del vapor*. Las ventajas de la cogeneración son el resultado de obtener vapor en las calderas a mayores presiones y temperaturas, con lo que se incrementa la disponibilidad de la energía del vapor, es decir, la energía en la cogeneración proviene de la disminución del consumo específico de kg de vapor por kW-h.

En un número importante de alternativas, las **“economías de escala”** deben responder a los volúmenes disponibles de materias primas en el lugar, de manera de minimizar la transportación y manipulación y reducir gastos asociados a estas operaciones. De igual forma las escalas estarán influidas por la demanda local de los productos, lo que permite costos más favorables de comercialización. Estas consideraciones no contradicen las

economías de escalas mayores que imponen determinadas producciones con tecnologías de más complejidad y con intensidad de capital mayor.

El desarrollo de las producciones de coproductos, en el concepto de biorefinerías, induce un incremento en el nivel de contaminación, que puede ser eliminado o atenuado con un adecuado uso y reuso del agua en el proceso y la aplicación de los diferentes tratamientos que protejan el medio ambiente.

El desarrollo de las biorefinerías ofrece un variado número de alternativas, entre las que se puede seleccionar las más convenientes, de acuerdo con las condiciones locales, al mercado, y a las facilidades financieras. Los empresarios deben considerar la obtención de coproductos como un complemento de la fabricación del producto principal que incrementará la eficiencia de la explotación de la biomasa disponible, y dará mayor sostenibilidad a la economía de las instalaciones que procesan biomasa.

### **Posibilidades de los residuos sólidos en el desarrollo industrial**

La extracción y el procesamiento de la materia prima utilizada para elaborar nuevos productos es una actividad que consume mucha energía. Al reducir la necesidad de ella para estos procesos, se logran grandes ahorros.

En su obra: “El Reciclaje Principio, Fin y Resurrección de los Materiales”, Joa Rodríguez (2009) destaca algunos ejemplos que el proceso de reciclaje ahorra en energía:

- La producción de acero reciclado ahorra el 74% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.
- La producción de aluminio reciclado ahorra el 95% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.
- La producción de cobre reciclado ahorra el 85% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.
- La producción de plomo reciclado ahorra el 65% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.
- La producción de papel reciclado ahorra el 64% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.
- La producción de plástico reciclado ahorra el 80% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.
- La producción de vidrio reciclado ahorra el 32% de energía que consume en su producción a partir de fuentes primarias.

Según un artículo publicado por el ISRI (Institute of Scrap Recycling Industries), de Estados Unidos, citado en Joa Rodríguez (2009), en ese país en el año 2000 el reciclaje significó, en ahorro de energía, el equivalente a la utilizada anualmente en 6 millones de viviendas y en 2005, el ahorro se estimó en la energía anual utilizada por 9 millones de viviendas.

Los beneficios no se limitan solo en ahorro de energía, pero también se extienden en otras vertientes, proporciona empleo e ingresos para el país.

La caracterización de los residuos sólidos urbanos en Cabinda (Angola) han sido presentados

### **Consideraciones finales**

1. Es posible desarrollar una estrategia para el desarrollo competitivo de la industria química sobre bases científicamente fundamentadas, mediante la combinación de los estudios de Prospectiva Tecnológica y de Análisis complejo de Procesos.
2. Los necesarios riesgos que implica el desarrollo competitivo de la industria química pueden minimizarse mediante el estudio de las diferentes manifestaciones de la incertidumbre en la industria de procesos químicos.
3. Los estudios prospectivos con apoyo del Análisis de Procesos permiten estudiar propuestas de cambios tecnológicos que minimicen el impacto negativo por el efecto contaminante de la inclusión de productos químicos.

### **Referencias Bibliográficas**

- Douglas, P. L.  
Design & Scale - Up Under Uncertainty. III Taller Internacional de Escalado, Habana 95, La Habana, 1995.
- Badea, L., A. Cutcutache  
“Modelling of Heat Balances under Conditions of Risk and Uncertainty an Application”. R6. 22, CHISA '84, Phaha, 1984.
- Badea, L.; A. Cutcutache  
“Simultaneous material and Heat balances of a Process system under conditions of uncertainty”. B8. 28, CHISA '87, Praha, 1987.
- Budde, K. U.  
“Komplexe Prozessanalyse”, VEB deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, D.D.R., 1982.
- Cunningham, R.  
El subprograma IV CYTED. “Biomasa como fuente de Productos Químicos y Energía y sus proyectos de Investigación Precompetitiva y Redes Temáticas”. Buenos Aires, 1995.
- Do Rosario, J. B.; F. G. Barrios Castillo, D. Muto Lubota  
Caracterización de los Residuos Sólidos generados en el municipio de Cabinda, Angola. Centro Azúcar, Vol. 41, No. 2, pp. 48-55. 2014.

Disponible en: <http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2014/1/9.pdf>

Godet, M.

“Crise de la prévision, essor de la prospective”. PUF. Paris, 1977.

Gonzalez, E.

“Utilización del Análisis de Procesos en la Intensificación de la producción de distintas industrias de Cuba”. Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias (Segundo nivel de Doctorado), Cuba, 1991.

Gonzalez, E.

“Prospectiva Tecnológica en la industria Química y Azucarera de Cuba”. Conferencia Magistral. IV Simposio de Análisis de procesos. UCLV Santa Clara, Cuba, 1996.

Himmelblau, D.M.

“Process Analysis by Statistical Methods”. New York, John Wiley & Sons, 1970, p. 3.

Joao Rodríguez, J. M.

El reciclaje. Principio, fin y resurrección de los materiales. ISBN: 978-959-05-0576-8. Editorial Científico Técnica, La Habana, 2009.

Muto Lubota, D.; E. González Suárez; G. Hernández Pérez; J. F.B. do Rosario, Binko Mamade Toure.

*Disponibilidad de biomasa como fuente de productos químicos y energía en Cabinda*, Angola/pp. 14-27. Cabinda/Angola. Centro Azúcar, Vol. 41, No. 3, pp. 14-27. Disponible en: <http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2014/1/9.pdf>

Rudd, D.F.; C.C. Watson

“Strategy of Process Engineering”. Wiley, 1968.

## CAPÍTULO III

### Vías para la terminación y transferencia de tecnologías a través de la colaboración internacional

Erenio González Suárez  
Diana Niurka Concepción Toledo  
David Muto Lubota  
Juan Esteban Miño Valdés

#### Introducción

El uso de diferentes recursos disponibles como fuente de productos químicos y energía debe responder a una estrategia que garantice la asimilación acelerada no sólo de los resultados de la generación de conocimientos de las instituciones de investigación o las empresas nacionales, sino también los resultados de las investigaciones y tecnologías reportadas en el mundo científico técnico, siendo un requerimiento crear una capacidad adecuada de asimilación, transferencia y creación de tecnologías. En el mundo moderno la transferencia de tecnología de los países industrializados a los menos desarrollados es una realidad inevitable y también necesaria, que debe ser gerenciada.

Si partimos, de que por un lado la transferencia de tecnología es necesaria para el desarrollo de nuestros países y por otro que existen factores que hacen a las tecnologías transferidas inapropiadas, se concluye que es necesario realizar acciones para resolver este problema. Entre estas acciones es recomendable en el campo científico técnico, la elaboración de metodologías y capacidades científicas para la adaptación y asimilación de tecnologías foráneas, para hacerlas compatibles con nuestros mercados, con nuestras materias primas y fuentes de energía, con la estructura y características de nuestra mano de obra, etc.

Existen varios “peligros” en el proceso de la transferencia de tecnología en la industria química y fermentativa, por ello entre las acciones a realizar debemos destacar las siguientes:

- La selección y evaluación de tecnologías a ser transferidas, para lo que requiere el desarrollo de metodologías para tal fin.
- La estructuración de mecanismos de información que posibiliten la búsqueda en el mercado internacional de aquellas opciones que resulten más convenientes para las características de las economías latinoamericanas.
- La elaboración de metodologías científicas para la adaptación y asimilación de tecnologías foráneas, modificándolas para hacerlas compatibles con la dimensión de nuestros mercados, con nuestras materias primas, con la estructura y características de nuestra mano de obra, etc.

- El diseño local de tecnologías más ajustadas a la realidad tercermundista.
- La falta de visión general para la compra de un paquete que considere tecnologías limpias, teniendo en cuenta que los procesos de la industria química y fermentativa pueden ser productores de residuos con alta carga contaminante.

Solo la adecuada preparación permite conjurar esos peligros que necesariamente hay que enfrentar y vencer, ya que no es oportuno ni competitivo rechazar la asimilación de las nuevas tecnologías.

### **La Absorción (Asimilación) de Tecnología**

En la base del progreso económico de la humanidad está la capacidad del hombre de generar nuevas ideas. Como consecuencia del acelerado desarrollo de la Ciencia y la impresionante realidad de que hoy en más del 60 por ciento de los científicos que ha tenido la humanidad hasta el presente, están en plena actividad creativa, se puede concluir que la Revolución Científico Técnica es uno de los fenómenos más importantes de nuestros tiempos en el orden científico, socio-económico e ideológico, significando un profundo cambio en la posición y connotación de las ciencias dentro de la sociedad, con una influencia directa sobre las fuerzas productivas.

En concordancia con esto, desde la década de los años setenta, a la Innovación Tecnológica se le ha reconocido su carácter de factor estratégico para la competitividad de las empresas de una forma explícita. Como se ha planteado, su carácter acumulativo y el estar contenida en cada actividad generadora de valor en las organizaciones la sitúan como un pilar básico en el que fundamentar las ventajas competitivas, por ello, los conceptos y métodos susceptibles de ayudar a las empresas a organizar mejor el desarrollo y la gestión de la innovación son objeto de investigaciones recientes tanto en Europa como en Estados Unidos; en Iberoamérica se ha prestado especial atención a las investigaciones referentes a la capacitación tecnológica (Mercado, 1993)/ y al vínculo Universidad – Empresa (Didriksson, 1995).

A este reconocimiento, ya mencionado, se une en el momento actual, el nuevo escenario mundial que se caracteriza por un entorno turbulento, la internacionalización de las actividades empresariales, la aceleración del cambio tecnológico, la aparición de tecnologías mutacionistas de carácter sinérgico, el acortamiento del ciclo de vida de los nuevos productos y el alto riesgo inherente al hecho tecnológico, son factores conductores de este periodo de innovación sin precedentes en la historia de la humanidad y sólo comparable con las revoluciones industriales anteriores.

Para triunfar en un mundo tan competitivo como el actual, e incluso para sobrevivir, las empresas no se pueden considerar definitivamente instaladas en un mercado, ni en una tecnología determinada, lo que pone de relieve la importancia de gestionar adecuadamente los procesos de inno-

vación tecnológica, lo que permitirá a la empresa desarrollar y utilizar las nuevas tecnologías para consolidar su posición en el mercado.

No obstante lo anterior, aunque está ampliamente reconocido que la tecnología desempeña un papel fundamental en la competitividad de la empresa, “constituye uno de los factores intangibles que plantean mayor dificultad en su gestión, lo que se pone de relieve a través de los ejemplos de las numerosas empresas que han cometido errores al explotar sus ventajas tecnológicas y han perdido su posición en el mercado frente a sus competidores” (Pavón Morote e Hidalgo; 1997).

Es imperioso que las empresas, como estrategia, mantengan una postura de búsqueda constante de la Innovación. Ello implica, “una gestión permanente de la innovación, en vez de una base creativa “a golpes”, y esto exige desarrollar un mecanismo de generación, filtro, evaluación, lanzamiento y seguimiento de un flujo continuo y programado de innovaciones” (Ruiz y Mandado; 1999).

Igualmente como se ha señalado, “la cooperación tecnológica representa en la actualidad una estrategia competitiva que permite a las empresas avanzar conjuntamente en el desafío tecnológico mediante relaciones contractuales” (Pavón Morote e Hidalgo; 1997), de manera que el diseño y la gestión adecuada de las alianzas tecnológicas es estratégico para eliminar los obstáculos que impiden incrementar su nivel de competitividad.

Es eminente por ello, la necesidad y posibilidad de Investigación en la industria, así como las fortalezas y oportunidades que se logran a través de la vinculación Universidad - Empresa. En este contexto los aspectos concernientes a la *transferencia y asimilación* de Tecnologías de los países desarrollados son de gran importancia para países cuyos recursos tecnológicos son menores a los del mundo industrializado.

En la literatura especializada, la expresión “transferencia de tecnología” se utiliza de diversas maneras. Sobre todo en la literatura referida a los países subdesarrollados, el término alude principalmente a la transferencia internacional de tecnología, es decir, al flujo de conocimientos que tiene lugar entre países, particularmente el que ocurre entre estos últimos y las naciones industrializadas.

Partiendo del concepto de que la transferencia de tecnología constituye la transferencia de los conocimientos que son necesarios para la fabricación de un producto, la aplicación de un procedimiento o la prestación de un servicio, podemos aceptar que la transferencia de tecnología abarca el conjunto de las siguientes acciones (Pavón Morote e Hidalgo; 1997):

- Venta o cesión bajo licencia de cualquier forma de propiedad industrial. Los derechos de propiedad industrial constituyen una especie de monopolio que posee el inventor y tienen como objetivo estimular la investigación y la aplicación de sus resultados en beneficio del mercado.

- Transmisión de conocimientos técnicos especializados y experiencias bajo la forma de estudios de fiabilidad, planos, modelos, manuales, fórmulas detalladas o instrucciones específicas.
- Transmisión de conocimientos tecnológicos para adquirir, instalar y utilizar máquinas, materiales o bienes intermedios.
- Transmisión de conocimientos tecnológicos necesarios para la instalación, operación y funcionamiento de proyectos llave en mano.
- Materiales destinados a la formación de personal y servicios, tanto de consultoría como de gestión, prestados por personal especializado.

Por otro lado, si conceptualizamos como tecnología a un conjunto de conocimientos susceptibles de uso productivo. Ello lleva inevitablemente, a pensar la transferencia de tecnología en términos de un “paquete” integral que el proveedor le suministra al comprador. En términos generales, el paquete tecnológico “ideal” está compuesto por los siguientes elementos (Avalos Gutiérrez; 1994):

1. Uno o más módulos que pueden integrar la tecnología “medular” o la “periférica” y los cuales pueden ser transmitidos a través de documentación escrita, explicaciones principales, entrenamientos, asistencia técnica, etc.
2. Autorización para usar varios derechos, conocimientos o activos,
3. Bienes físicos, los cuales pueden tomar la forma de bienes de capital, bienes intermedios y bienes finales.
4. Bienes intangibles o “blandos”, los cuales pueden tomar la forma de información escrita, programas de computación, transmisión oral, grabaciones , etc.

Las etapas del proceso de *transferencia de tecnología* han sido presentadas por diversos autores, siendo posible distinguir de forma condensada los siguientes:

- La selección de la tecnología
- La negociación
- La absorción o asimilación
- La adaptación
- La reproducción
- La difusión
- Mejoras e innovaciones

Esta expresión condensada de los procesos de transferencia (*absorción, asimilación*) de tecnología puede ser enriquecida en el estudio detallado de los procedimientos que cada uno de los actores del proceso debe realizar para poder garantizar el pleno alcance de sus propios objetivos, en lo cual puede ser de extrema utilidad la definición ofrecida por Perán y Hernando (2000) en relación a las etapas que deben cumplir por si mismo cada uno de los actores, es decir por un lado las entidades cedentes de la tecnología y

por otra las receptoras de la tecnología, entre las que se destacan para estos últimos, entre otros aspectos:

- Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva y evaluación de ventajas e inconvenientes.
- Evaluación, en base a criterios de adecuación de la tecnología que se pretende transferir, a las necesidades detectadas en la empresa. Ventajas e inconvenientes de la tecnología seleccionada.

Dentro del proceso de Innovación Tecnológica, la transferencia de tecnología, es la actividad encargada de garantizar la utilización a través de la comercialización de las nuevas tecnologías. De forma general se interpreta como el movimiento (en forma de patentes, licencias, compañías Start-Up, otras) de los resultados de la investigación básica y aplicada a las organizaciones comerciales.

En algunos casos, la tecnología transferida esta completamente terminada y disponible en el mercado, y se necesita solo su instalación y un programa de mercado. En otros casos, lo que se ha transferido tiene una enorme distancia del mercado comercial, y requiere una gran inversión en I+D. Cuando las tecnologías licenciadas se han medido por la vía de patentes concedidas, acuerdos de licencias, compañías Start-Up, la transferencia de tecnología se considera un proceso lineal. Cuando los flujos desde la investigación a los nuevos productos o procesos son discretos, se requiere la colaboración de grupos de interfase.

El proceso de Transferencia de Tecnologías implica mucho más que una simple cesión de la misma y cada vez más se concibe que la figura del cedente quede comprometida a cooperar con el adquirente en pos de que este último logre un verdadero dominio tecnológico, tan necesario, sobre todo, si el adquirente es de un país subdesarrollado.

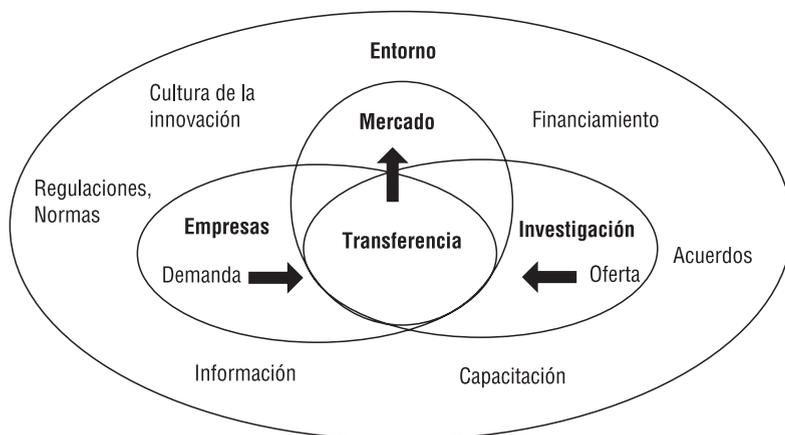
Por otro lado, un aspecto fundamental para explicar los procesos de difusión y los de transparencia de tecnología, y como parte de ello, es el régimen de apropiación de las tecnologías.

El régimen de apropiación de tecnologías es una función de tres aspectos básicos según Teece (1976):

1. la naturaleza de la tecnología (producto, proceso, tácita, codificada)
2. la eficacia de los mecanismos de protección legal (patentes, copyrights, secretos comerciales)
3. las capacidades complementarias, indispensables para el uso de la nueva tecnología.

Es importante destacar que el motor que atrae el proceso de innovación y dentro de ello de la transferencia de tecnología es el mercado (ver Figura 3.1).

**Figura 3.1.:** Proceso de Transferencia Tecnológica



La búsqueda de nuevas opciones tecnológicas continúa basada en el tradicional proceso lineal de investigación básica - aplicada - validación - transferencia - desarrollo – mercado, aunque no necesariamente ocurre así; la necesidad puede llevar a una solución lógica, pero profundamente estudiada. Luego que se llega a resultados satisfactorios, se puede invertir en I+D+i. bajo el contexto de los sistemas de innovación, las instituciones estatales, de la mano con el sector privado, promueven la creación de mecanismos de organización y funcionamiento que posibilitan la vinculación efectiva entre ciencia, tecnología, producción y mercado.

### **Formas de la Transferencia Tecnológica**

Cuando la tecnología se transfiere, puede adoptar diversas formas: tangible, incorporada en un equipo o un prototipo, o intangible, a través de conocimientos tácitos o explícitos.

Las formas más aceptadas de transmisión de tecnología, son:

- Venta o licencia de cualquiera de las modalidades de la propiedad industrial.
- Transmisión de información y conocimientos técnicos valiosos, no protegidos por una patente (se refiere principalmente al know-how). Esta acción se hace generalmente mediante contrato con cláusula de confidencialidad.
- Todas las modalidades de asistencia y servicios técnicos, en su más amplia acepción.
- La cesión (por compra o arrendamiento) de maquinarias, equipos, etc., con su correspondiente documentación técnica.
- Los acuerdos o propuestas globales industriales de toda clase.

Este conjunto de elementos pone de manifiesto dos hechos específicos. Por un lado, el carácter multidimensional de la transferencia de tecnología, lo que al mismo tiempo sugiere que los mecanismos para su fomento y su desarrollo deben abarcar un amplio rango de actuaciones. Por otro lado, que el proceso de la transferencia de tecnología no es instantáneo sino al contrario, es un proceso que necesita tiempo para ser asimilado e implantado a lo largo de sus diferentes etapas, reconocimiento de la oportunidad o necesidad, comparación, selección, adquisición, implementación y utilización a largo plazo (lo que incluye también la fase de aprendizaje).

Por tanto, si se analiza el modelo que caracteriza a los procesos de transferencia de tecnología a lo largo de los últimos años, se interpreta que este ha evolucionado desde una simple interacción entre el suministrador y el receptor de la tecnología hasta una versión más compleja en la que interactúan diferentes agentes y se producen numerosas influencias.

El modelo actual que trata de caracterizar ese proceso es interactivo, y tiene como base que en los procesos de transferencia de tecnologías participan múltiples protagonistas y se presentan sobre la base de muchos a muchos, lo que no niega que en un caso específico participe un solo agente desde el lado de la demanda. Además, no es común la transferencia de la tecnología directa, sino que a menudo se exige la colaboración de alguna forma de intermediación.

La tecnología es un producto multidimensional que no tiene que proceder de una sola fuente de suministro, sino de una combinación de varias. Un elemento que contribuye de manera eficiente a la transferencia de este tipo de tecnología lo constituye una organización intermedia que podemos denominar “integradora del sistema”, que actúa como un agente tecnológico para la empresa que necesita adquirir la tecnología y ayuda a que el proceso de la transferencia sea lo más rentable y eficaz posible.

La importancia de obstáculos no técnicos, sino más bien “blandos” parecería irrelevante; se reconocen por todos los teóricos los nuevos enfoques de la transferencia de tecnologías, que abandonan poco a poco la visión lineal, tradicional, y van adoptando una visión sistemática, eliminando los obstáculos o barreras que pueden entorpecer la transferencia, dentro de los que se destacan: malas comunicaciones, fallas de gestión, falta de comprensión de lo que necesita el cliente o usuario, falta de estrategia a largo plazo, e incapacidad de adaptarse al cambio.

Los proyectos que han tenido en cuenta estos obstáculos en su trabajo técnico, se han beneficiado en términos de la velocidad, amplitud, y sostenibilidad de la innovación que han producido.

La tecnología no permanece estática en el tiempo, sino que se está modificando de manera permanente. Por este motivo, cada proceso de transferencia de tecnología es único y de validez específica para cada empresa que trata de incorporarla, pues cada una necesitará de una configuración específica de la tecnología.

Hay una tendencia generalizada a asumir que el proceso de la transferencia de tecnología finaliza en el momento en que la tecnología específica se ha adoptado, es decir, implantada. En la actualidad, la experiencia está demostrando que la simple posesión del recurso tecnológico no garantiza su uso efectivo y, por tanto, su rentabilidad a medio y largo plazo, lo que lleva a la idea de que constituir una competencia tecnológica requiere de un proceso de aprendizaje para absorber y optimizar la tecnología.

Existe generalmente una fuerte dimensión cultural relacionada con la tecnología, lo que implica que cuando se transfiere a una localización geográfica diferente, pueden producirse fallos en su acoplamiento. Esto está ampliamente confirmado con las experiencias negativas de transferencias de tecnologías Norte - Sur en las cuales de pueden producir fallos, porque los países del sur, menos desarrollados, están en desventaja para lograr éxitos en la introducción y apropiación de una tecnología complejas.

Finalmente, es importante examinar el tema en el contexto Latinoamericano y tercermundista, en el cual desde mediados de la década de los sesenta, se puso en boga el tema de la dependencia tecnológica. Dicho tema adquirió relevancia en un momento caracterizado - entre otros elementos - por la irrupción de los planteamientos del tercer mundo en el escenario mundial, por sus proposiciones para crear un orden económico más justo y por sus denuncias de las prácticas económicas de los países industrializados y en particular, de las multinacionales. En la literatura especializada es posible encontrar diversos ángulos desde los que se aborda este asunto, pero en general, todos los enfoques existentes se alimentan, directa o indirectamente, de considerar que la dependencia tecnológica no es más que una forma particular de las relaciones de dominación que los países desarrollados ejerce sobre los subdesarrollados.

De estas posiciones se han derivado diversas investigaciones dirigidas a determinar y sopesar las consecuencias de la transferencia de tecnología en las economías del tercer mundo, casi siempre consideradas como esencialmente negativas, por razones tales como que :

- Tales tecnologías tienen la marca de fábrica de las economías de los países desarrollados;
- Están concebidas en función de sus características y objetivos y resultan por lo tanto inadecuadas para los países de la región.

Esa inadecuación viene dada por factores de variada naturaleza: el tamaño del mercado (los mercados de los países latinoamericanos resultan pequeños en comparación con los requerimientos de escala asociados a la tecnología foránea), las materias primas ( en los países existen otras materias primas o tienen característica diferentes a las que se usan en los países desarrollados), la disposición relativa de factores productivos ( se importan tecnologías foráneas altamente capital- intensivas que agravan el problema del desempleo en las economías de América Latina, caracterizadas por

la abundancia por la abundancia de mano de obra en comparación con la disponibilidad de capitales), etc. En el plano político ideológico hay que sumar el peligro de la incompreensión por nuestros pueblos de la causa real de las posibilidades de generación de nuevas tecnologías en los países más desarrollados e incluso la promoción de “robo de cerebros” ante lo atractivo para lo jóvenes científicos de situarse en “el borde delantero” de la investigación científica a través del empleo de novedosos recursos de la Ciencia y la Técnica moderna.

Realmente, en opinión de los autores ante estas dificultades se abren un gran número de posibilidades de accionar de los pueblos del sur para conjurar los “peligros” de la transferencia de tecnología, entre otros debemos destacar los siguientes:

- La selección y evaluación de tecnologías a ser transferidas, para lo que requiere el desarrollo de metodologías para tal fin,
- La estructuración de mecanismos de información que posibiliten la búsqueda en el mercado internacional de aquellas opciones que resulten más convenientes para las características de las economías latinoamericanas,
- La elaboración de metodologías científicas para la adaptación y asimilación de tecnologías foráneas, modificándolas para hacerlas compatibles con la dimensión de nuestros mercados, con nuestras materias primas, con la estructura y características de nuestra mano de obra, etc. (González y Miño; 2015a)
- El diseño local de tecnologías más ajustadas a la realidad latinoamericana.

Desde luego la ejecución de tales acciones requiere indudablemente la formación de capacidades intelectuales en nuestros pueblos, es por ello que no vemos aquí obligados a referir la estrategia sugerida en la formación de especialistas capacitados para los procesos de absorción de tecnologías.

### **Acciones para incrementar la transferencia de tecnología**

La gestión de las relaciones universidad empresa se puede ver como un ejemplo especial del proceso de transferencias de tecnología, ya que describen los mecanismos de transferencias de tecnologías como programas estructurados con vistas a capitalizar la investigación universitaria, integrados a los programas del sector privado o a los productos comerciales. Se puede plantear que la industria ha incrementado su actividad investigadora debido a la demanda, y la gestión de la información; como todo esto se refleja en la calidad de la educación, en muchos casos, cuando la cooperación va ocurriendo, principalmente en fases de I+D, se abren con la inteligencia competitiva oportunidades de participación, además, en la fase de identificación de nuevas necesidades y en consecuencia en su apoyo en la toma de decisiones de la organización.

En la literatura especializada se identifican un gran número de servicios y mecanismos de cooperación universidad - empresa. Estos servicios no pueden ser provistos por una sola institución, y todos pueden ser necesarios en la transferencia de tecnologías. Entre los más extendidos se encuentran los servicios de información y relaciones públicas, el entrenamiento y apoyo a los diferentes niveles del personal y la dirección de las empresas, las consultas y estudios de factibilidad, los contratos de I+D, la formación y entrenamiento en proyectos, en la preparación del personal de transferencia, las compañías Spin-off, los esquemas de enseñanza de la compañía y los expertos.

La innovación en las empresas y la I+D, presentan una importante transición hacia una generación centrada en el conocimiento, el aprendizaje y los flujos de información entre la empresa y su entorno.

Se percibe la innovación como un proceso de acumulación de know how y de aprendizaje, donde las principales ventajas se obtienen a partir de la gestión dinámica de la información, y donde la conexión entre áreas internas y con su entorno externo (proveedores, distribuidores, clientes) juegan un papel importante.

En la actualidad se afirma que la innovación en su más pura concepción es un proceso informacional, en el cual el conocimiento, como valor agregado, es adquirido, procesado y transferido. Se hace necesario entonces que las organizaciones cuenten con novedosos sistemas de gestión de la inteligencia competitiva, concepto relativamente nuevo, que tiene como objetivos la búsqueda de la “buena” información del entorno externo de la organización, y luego la convierte en un producto inteligente para la toma de decisiones.

Los centros de investigación, incluyendo las universidades, se han propuesto cerrar el ciclo tratando de transferir las tecnologías, para en algunos casos en etapas muy incipientes y en otros con experiencias acumuladas, que sería meritorio evaluar, sobre todo en su proceso de ejecución.

Esta comunicación debe presentar un enfoque que permitiría dar respuesta a los requerimientos para el desarrollo de las actividades de transferencias de tecnologías desde las universidades y centros de investigación, así como su aplicación para el desarrollo como actividades de Innovación.

Las alternativas de interacción se diferencian en sus formas de organización, estilo de administración, orientación y composición de la investigación. Entre las más conocidas están los Parques Científicos y Tecnológicos, las Incubadoras de Empresas, los Institutos de Investigación, los Centros de I+D tecnológico, las Corporaciones de I+D tecnológico, los programas de I+D cooperativos, las Oficinas de Transferencia de Tecnología entre otros.

Las Oficinas de Transferencias de Tecnologías serán las encargadas de monitorear en las universidades, en los centros de investigación y en los laboratorios, las actividades de investigación tecnológica, de rastrear y evaluar eventos, procurar patentes y realizar diligencias, vigilar y proteger

la propiedad intelectual, y otras actividades requeridas en el proceso de negociación y de transferencia de tecnología.

Entre los factores que obstaculizan un mayor acercamiento entre las empresas, la universidad, y los centros de investigación que se han venido identificando durante los últimos años como barreras están:

- Diferencias culturales entre el personal universitario, los centros de investigación y el empresarial.
- Diferencias de políticas tecnológicas no regidas por una estrategia de prioridad territorial.
- Diferentes expectativas, intereses y valores no conciliados lo suficiente para que respondan todos sin sustituir protagonismos.
- Distintos patrones de conducta.
- Viabilidad financiera de los proyectos.
- Diferencias en la orientación, horizonte y método.
- Investigación abierta versus confidencialidad.
- Requerimiento de exclusividad por parte de las empresas.
- Conflictos en formas y estructuras.
- Falta de reconocimiento curricular en los universitarios.
- Beneficios versus coste.

Sin embargo, frente a estas resistencias a la relación de cooperación, se han identificado también muchas razones que justifican un acercamiento entre las partes:

- Contrato de trabajos y proyectos fuera del alcance de la empresa por sí sola.
- Acceso a profesores y estudiantes, capaces de realizar actividades técnicas y de investigación.
- Acceso a información sobre el estado del arte tecnológico.
- Prestigio.
- Aprovechamiento de la instrumentación, equipamiento técnico y experiencia de la universidad y centros de investigación.
- Acceso a conocimientos técnicos específicos propios de ciertas empresas.
- Oportunidad de exponer a los estudiantes frente a situaciones prácticas reales.
- Obtención de fondos de ayuda públicos.
- Favorecimiento del empleo de post-graduados.
- Obtención de fondos económicos complementarios por vía de los pagos realizados por las empresas.

Es una realidad que las instituciones académicas no son los únicos centros de producción de los conocimientos. Pero lo que sí se afirma es que la Educación Superior es el elemento socio - institucional básico de producción de los trabajadores del conocimiento y que, junto con ello, ha cobrado cada vez más importancia el papel de las instituciones de la edu-

cación superior en la transferencia de conocimientos y de tecnologías hacia la producción y la sociedad.

La parte más dinámica se ubica en la investigación. La elevación de los costos y las posibilidades determinadas por la obtención cuantiosa de recursos físicos, humanos y financieros, representan un cambio radical, pues es necesario optimizar recursos siempre escasos, el crecimiento e importancia de la administración, sobre todo en lo relativo a la creación de instancias de gestión y transferencia de tecnología, creación de mecanismos y nuevas estructuras que relacionan Educación Superior, Ciencia – Tecnología, Producción Industrial y de Servicios.

La importancia puesta en la investigación en la Educación Superior ha conducido a que las instituciones antes reproductoras de conocimiento sean ahora productoras del mismo.

Con este cambio, la Educación Superior pasa a jugar diversos y diferentes roles. El aspecto central que hace posible el nuevo ordenamiento disciplinario, es el “acoplamiento” entre el mundo disciplinario de la academia y el mundo de la producción.

Un conjunto de nuevos componentes “bilaterales “ (universidad - industria) o “trilaterales” (universidad- gobierno- industria) aparecen como mecanismos de relación directa: parques científicos, polos científicos, oficinas de gestión tecnológica, programas de investigación con apoyo gubernamental, etc.

El saber científico y tecnológico constituye un factor de producción fundamental para la competitividad de las economías y orientar decisiones en la búsqueda de la superación. Se necesitan inversiones a largo plazo para elevar la ciencia y la innovación tecnológica a la categoría de infraestructura productiva. Con la continuidad de esas inversiones se garantiza el futuro de las universidades y centros de investigación, pero esto no es suficiente: se necesita del fortalecimiento de la gestión de la innovación en las empresas, especialmente en las medianas y pequeñas; por lo general estos cambios traen e implican procesos de reorganización y comercialización para los actores del sistema.

Los recursos de las universidades, especialmente los representados por conocimiento, pueden organizarse y representar una fortaleza para los países más pobres, en unión de actuación con las empresas, incluyendo el marco de relaciones regionales o internacionales, al estilo que hoy lo desarrollan algunos organismos.

Por otro lado, las transformaciones que se realizan en el mundo en la actualidad se asientan en los cambios tecnológicos de los últimos años, lo que nos obliga a la necesidad de abordar el tema desde otras perspectivas y de inducir cambios sustantivos en la manera de plantearnos las acciones que conducen a la adquisición de conocimiento y a las formas de organizarlos.

Desde hace varias décadas, la comprensión del proceso de transferencia de tecnologías ha despertado mucho interés entre los investigadores y

estudiosos del tema. A lo largo de este periodo se han elaborado incontable propuestas en la búsqueda de soluciones capaces de contribuir a cerrar las brechas tecnológicas existentes entre nuestros países y los desarrollados.

En este proceso de nuevas acciones para la transferencia de tecnología, es necesario considerar que, no es suficiente para posicionarnos en los competitivos mercados globales, conocer y aplicar las manifestaciones o técnicas asociadas al nuevo modelo de gerencia que se ha venido produciendo en los últimos años. No es posible pretender aplicar esas herramientas dentro del proceso de construcción de una organización sin haber previamente, reflexionado sobre la naturaleza del cambio que ello demanda, sin saber que esos instrumentos serán efectivos solamente si son empleados en organizaciones en las cuales se han asimilado previamente valores fundamentales sobre la flexibilidad, participación y visión compartida por todos los miembros del equipo de trabajo.

Por otra parte, cada vez más, la investigación en las universidades, se manifiesta con decisión y nitidez crecientes, haciendo buena una de las pautas más significativas de las universitarias modernas, que definen “la promoción y desarrollo de la investigación científica como una misión básica irrenunciable” (Simeón Negrín; 1996).

De este modo se han conformado en todos los países una red de instituciones de investigación y desarrollo (I+D) que aborda un conjunto de cuestiones cuyo esclarecimiento científico y solución tecnológica demanda el progreso de la vida económica, social y espiritual de nuestras naciones.

Aquí se parte del criterio de que el progreso científico está íntimamente relacionado con la educación superior, la cual asegura la preparación de cuadros para la producción y las instituciones científico investigativas, siendo por ello clave la investigación en la educación superior; pues permite:

- Mejorar la formación de los profesionales mediante la preparación científica de los profesores y la participación directa de todos los estudiantes en el componente investigativo de su curriculum.
- Formar cuadros científico - técnicos y docentes, como soporte investigativo del postgrado académico y otras formas que contribuyen a la formación de cuadros científicos que han nutrido el potencial científico del país.
- Obtener nuevos conocimientos científicos con elevada calidad y relevancia.
- Conservar, desarrollar, promover y difundir la cultura en una estrategia coordinada de extensión universitaria con una fuerte actividad de divulgación científico popular.

En todo ello está presente la premisa, de que la educación superior es un asociado indispensable en el fomento de los temas de interés común que la ciencia, la tecnología y la cultura han investigado conjuntamente, por

ello la formación de investigadores, ha estado estrechamente relacionado con el fortalecimiento de la educación superior y su vínculo con el sector empresarial, de servicios y la sociedad en su conjunto. Se considera el trabajo común entre los centros de investigación y la educación superior y de ambos con los organismos de producción, como un factor contribuyente a un ambiente creativo.

En esta evolución y vínculo han estado y están presentes los rasgos de la ola de desarrollo tecnológico de los años noventa, entre otros:

- La globalización de los procesos productivos de consumo, de factores culturales, de conocimiento y de tecnología.
- El desarrollo tecnológico acelerado.
- Integración del diseño, la producción y la comercialización, como una única transacción.
- Una mayor importancia de la ecología.

Por otro lado, en la actualidad la práctica productiva plantea con frecuencia a la ciencia tareas que tienen un carácter estratégico y perspectivo que exigen que la ciencia se adelante a la técnica, y a la producción en su desarrollo, lo que sólo puede lograrse a través de un sólido potencial científico. El potencial científico esta formado por varios elementos, entre los cuales se destacan entre otros:

- Las reservas de ideas científicas obtenidas mediante investigaciones fundamentales.
- Las investigaciones científicas aplicadas que se materializan en trabajos de proyectos y patentes de invención.

En el mundo moderno la evolución de la información y el acceso o fuentes del conocimiento geográficamente distantes hacen que muchos de los resultados científicos de investigaciones fundamentales y aplicadas sean de acceso a uno y otro país de manera incluso que tras la globalización de la economía ha surgido la globalización de la investigación y desarrollo.

Por ello al elaborar y desarrollar una Política Científica Nacional se requiere considerar al menos cuatros principios en los que se incluya la asimilación del conocimiento mundial y su adaptación a las condiciones nacionales, pues la difusión de nuevas tecnologías es tan importante como su desarrollo y como se comprende, también para la recepción eficiente de tecnologías se requiere una base de investigación.

Un segundo principio de la Política Científica, de las naciones, es que la ciencia tiene que responder a las necesidades del desarrollo económico del país y por ello se explica la necesidad de presencia de los centros de Investigación en todas las esferas del quehacer económico y social.

La posibilidad de generar conocimientos y tecnologías propias, lo que se incorpora como un principio en su política científica y tecnológica.

Indudablemente un principio fundamental en la Política Científica siempre ha sido la formación de recursos humanos, pues sin científicos es muy difícil hacer ciencia, es pues sin duda la composición cualitativa

y cuantitativa de los cuadros científicos el elemento más importante de la política científica. Al referirnos a su composición tenemos en cuenta la existencia de escuelas y líderes científicos en una u otra rama del saber, pues por un lado, son estas escuelas, las que están en posibilidad de dar un impacto inmediato en la producción y los servicios mediante investigaciones científicas productivas o aplicadas y además dan continuidad al conocimiento científico a través de investigaciones fundamentales y la búsqueda de métodos científicos. Aquí no debemos olvidar que desde el punto de vista de las leyes internas del desenvolvimiento de la ciencia contemporánea, adquiere gran significado la influencia de una ciencia en la otra; junto con ello, sólo líderes capaces logran con eficacia proyectar el trabajo, dirigir el grupo y asumir los compromisos importantes, por lo que se requiere en los cuadros científicos una visión abarcadora y multilateral del mundo real investigado (Herrera Martínez et al; 2002).

Precisamente, de acuerdo con la Política Científica Nacional y a la par que ella, se requiere elaborar y llevar a la práctica una estrategia de formación de investigadores. Partiendo de los principios que fundamentan la política científica nacional se pueden definir aspectos claves para la formación de los investigadores tales como:

- El acceso a la actividad científica libre, nutriéndose la misma de las capas más amplias de toda la población. Sus resultados constituyen patrimonio de todo el pueblo y sirven a los intereses de la sociedad.
- La unidad de la teoría y la práctica; el carácter planificado del trabajo científico; la concentración de los esfuerzos en los problemas principales del progreso científico, técnico, económico y social.
- El carácter colectivo del trabajo, la colaboración y el enriquecimiento mutuo de las experiencias.

Definidas estas premisas, la elaboración de un plan de formación de cuadros científicos conlleva, como es natural a la cuestión de cómo se debe investigar y en qué se debe consistir la peculiaridad de los métodos de trabajo.

Como se ha señalado, el proceso cognoscitivo incluye dos componentes fundamentales: El volumen de conocimientos de que se dispone y las ideas fundamentales por las que se orienta el investigador. Sus resultados dependen tanto de la suma de conocimientos acumulados por la humanidad hasta el momento, como del conjunto de información de que se dispone uno u otro investigador, por ello en la formación de investigadores deben ser propósitos:

- La disponibilidad de información científico-técnica, que en consecuente interacción requiere una organización, un acceso y una utilización, además de un aporte y enriquecimiento constante.
- La preparación metodológica adecuada del investigador y del colectivo de investigación.

- Tener en consideración, que en la teoría del conocimiento, como en todos los dominios de la ciencia, hay que razonar dialécticamente, no suponer nuestro conocimiento acabado e invariable, sino analizar el proceso gracias al cual el conocimiento nace de la ignorancia o gracias al cual el conocimiento incompleto e inexacto llega a ser conocimiento más completo y más exacto.

Esto refuerza el criterio de la necesidad de la preparación metodológica, que permite el desarrollo de las investigaciones con verdadero rigor científico, pues en la producción científica, una premisa es, conocer la esencia del proceso cognoscitivo, dominar las leyes fundamentales de la gnoseología y concebir los métodos y procedimientos más eficaces, que proporcionan una orientación justa en la investigación científica y ayuden a elegir el camino más corto hasta los conocimientos verdaderos, pues la ciencia sin la teoría del conocimiento, en el caso de que sea concebible en general sin ella, es rudimentaria y desordenada.

La piedra angular de todo sistema de Ciencia y Técnica es la integración (Simeon;1996), pues como nadie duda ya, a un científico aislado, le es imposible dar respuesta a la complejidad de los problemas que la humanidad tiene que resolver, los cuales requieren de un trabajo multidisciplinario y colaborativo.

Es este contexto, una vía idónea para evitar los errores en los procesos de asimilación de tecnologías son indudablemente los estudios previos inversionistas.

## **Conclusiones**

1. La colaboración científica internacional permite evaluar con rigor técnico económico las posibilidades reales de asimilación de una tecnología en un contexto económico determinado.
2. Los países del sur tiene potencialidades para generar de conjunto y también con apoyo de países desarrollados nuevas tecnologías para impulsar su quehacer técnico económico con tecnologías emergentes.

## **Referencias bibliográficas**

Avalos Gutiérrez, I. (1994)

“Transferencia de Tecnología”. En Ciencia, Tecnología y Desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas .Editorial Nueva Sociedad.

Didriksson Takayanagui, A.

“La Universidad del futuro: un estudio sobre las relaciones entre la Educación Superior, la ciencia y la Tecnología en Estados Unidos de Norteamérica, Suecia y México”. Premio Iberoamericano de Gestión Tecnológica de 1995.

- González Suárez, E. J. E. Miño Valdés (2015)  
Vías para la gestión de conocimientos con apoyo de la comunidad científica para contribuir a la mitigación del impacto ambiental de la industria química y fermentativa. Editorial Universitaria. UNM. ISBN: 978-950-579-368-6, Posadas.
- González Suárez, E. J. E. Miño Valdés (2015)  
Acciones para la correcta terminación y valoración de resultados en la industria química y fermentativa. Editorial Universitaria. UNM. ISBN: 978-950-579-379-2, Posadas.
- Herrera Martínez, M., E. González Suárez, M. T. Hernández Nodarse  
“El necesario impacto de las ciencias básicas en un prospectivo proceso de incremento de la efectividad de los negocios de transferencia de tecnología”. I. Encuentro Nacional e Internacional de Gestión Tecnológica. Caracas. Venezuela. 15 al 21 de mayo del 2002.
- Mercado, A. (1995)  
“Desarrollo Tecnológico en la Industria de Química Fina del Brasil: Clasificación taxonómica y determinación de una secuencia evolutiva de su capacitación tecnológica”. Fondo Editorial FINTEC.
- Pavón Morote, J.; A. Hidalgo Nuchera (1997)  
“Gestión e innovación. Un enfoque estratégico. Ediciones Pirámide.
- Perán, J. R.; J. M. Hernando (2000)  
Transferencia de Tecnología en el Ámbito Internacional. Editorial CARTIF. Valladolid. 208.
- Ruiz, M.; E. Mandado (1989)  
“La innovación tecnológica y su gestión”. Editorial Marcombo. S.A. Barcelona, España.
- Simeón Negrín, R.E. (1996)  
“Estrategia de la Ciencia y la Tecnología en Cuba”. Conferencia inaugural de IBERGECYT'96, La Habana.
- Teece, D. (1976)  
“The Multinational Cooperation and the Resources Cost of International Technology Transfer”. Ballinger Publishing Company, Cambridge.



## CAPÍTULO IV

### Los estudios previos inversionistas en la gestión de negocios para el desarrollo de la industria química

Erenio González Suárez  
Juan Esteban Miño Valdés  
David Muto Lubota

#### Introducción

Como se comprende, en un proceso de transferencia de tecnología es necesarios elaborar decisiones en un sentido u en otro, desde luego, la elaboración de decisiones es un actividad que está vinculada con el centro de la actividad de gerencia empresarial y una organización necesita elaborar muchas decisiones, pues son necesarias para que una organización pueda funcionar, adaptarse, progresar, sacar ventajas de oportunidades y sobrepasar las crisis. Siendo el rango de problemas que enfrenta una organización diverso muchas decisiones se repiten varias veces durante un día de trabajo, mientras que otras ocurren con poca frecuencia y pueden tener lugar sobre muchos años, tal es el caso de los procesos de transferencia de tecnología, por lo que requieren la máxima atención de la empresa.

Cuándo se trabaja en un proceso de transferencia de tecnología las decisiones de la empresa pueden requerir responder muchos tipos de preguntas, entre otros los siguientes:

- ¿Cuál tecnología emplear?
- ¿Cuál escala de producción? ¿Qué tamaño para la instalación?
- ¿Cuan flexible deberá ser la instalación?
- ¿Dónde deberá estar localizada la planta?
- ¿Cómo será el financiamiento y la fuente de los equipos?
- ¿Cómo deberán ser los empleados y como será su entrenamiento?
- ¿De dónde serán suministrados los materiales?

Las decisiones que se formulan en una organización deben analizarse como un proceso y debe ser estudiada en términos de su contexto, que incluye entre otros aspectos los siguientes (Jennings y Wattam; 1994):

- Comportamiento organizacional y de grupo, así como sicológico;
- Análisis y construcción de modelo.
- Contexto estratégico;
- Metas, objetivos y ética;
- Grado de incertidumbre.

## **La incertidumbre en la elaboración de una decisión inversionista para la transferencia de una Tecnología**

La incertidumbre siempre está presente en las decisiones y al formularse una decisión debe reconocerse que eventos son impredecibles. Frecuentemente, el conjunto de problemas con incertidumbre envueltos incluyen problemas de mercado y tecnología, así como cambios en las condiciones económicas y financieras que pueden contribuir a un fallo en los ingresos económicos previstos y que deben ser considerados en el proceso de transferencia de tecnología.

Para elaborar una adecuada decisión en las actividades de transferencia de tecnología en los procesos que usan biomasa como materia prima, existen varios requerimientos entre los cuales podemos destacar los siguientes:

- La selección y evaluación de tecnologías a ser transferidas, para lo que requiere el desarrollo de metodologías para tal fin
- La estructuración de mecanismos de información que posibiliten la búsqueda en el mercado internacional de aquellas opciones que resulten más convenientes para las características de las economías latinoamericanas

Una visión general para la compra de un paquete que considere tecnologías limpias, teniendo en cuenta que los procesos que usan la biomasa como materia prima son productores de residuos con alta carga contaminante.

Como se ha dicho, una de las formas más comunes de materializar un proceso de transferencia de tecnología es la ejecución una inversión, por ello “en general debemos considerar que cuando se enfrenta un problema con múltiples objetivos”- como es el caso de una inversión- “será necesario sopesar las ventajas y desventajas de cada alternativa con relación a cada uno de los objetivos y realizar un balance de ellos” (Rapoport; 1998).

La complejidad y el carácter multiobjetivo de la evaluación de una inversión, que se realiza en el contexto de una transferencia de tecnología, viene dado por los crecientes requisitos que el desarrollo viene imponiendo a las inversiones, esencialmente incrementados estos factores por los requerimientos de impacto ambiental (Warren; 1999). Así, en las últimas dos décadas el tema del medio ambiente ha pasado de la periferia al centro mismo del debate teórico y el proceso de toma de decisiones en muchas partes del mundo.

El efecto de los procesos industriales puede ser catastrófico para el medio de existir una toma de conciencia sobre la importancia trascendental de este aspecto que ha llevado a la elaboración de legislaciones en los diferentes países, así como en el ámbito internacional, encaminadas a proteger el entorno, como herencia fundamental a las futuras generaciones.

Como consecuencia de diversos aspectos dependientes de las características de cada instalación industrial, se originan durante la operación de

los sistemas, volúmenes de residuos líquidos o gaseosos que reclama un sistema adecuado de tratamiento para evitar el impacto negativo al medio ambiente, no sólo a corto plazo, sino también a largo plazo a través de un efecto acumulativo, lo que ha inducido no solo la elevación de las exigencias de las actividades de Gerencia Ambiental, sino también requiere consideraciones de Gerencia de Seguridad.

Si se considera entonces que un accidente puede incrementar el efecto negativo ambiental de una instalación industrial, es entonces necesario minimizar el riesgo de fallos, pues la ocurrencia de estos fenómenos provocaría daños ambientales en muchos casos irreversibles. Por ello, tiene gran importancia el aseguramiento de un nivel de seguridad para el impacto ambiental en el desarrollo industrial de los países y con ello los métodos de evaluación de su gestión, pues como se sabe, debemos significar que precisamente uno de los riesgos a que está sometida una inversión en la Industria Química es la *incertidumbre* en lo referente a la correcta operación de la planta (Rudd y Watson; 1968), pues como se conoce en muchas instalaciones industriales hay tuberías y recipientes conteniendo gases a altas presiones o líquidos sobrecalentados en sistemas cerrados. Una explosión de estos sistemas puede generar grandes efectos negativos, incluso el denominado “efecto domino” debido a la propagación del accidente (EU; 1997), por lo que para evitar que los accidentes se propaguen se han desarrollado herramientas para planificar medidas de protección contra nuevos accidentes en el interior o exterior de las instalaciones industriales (Hauptmann; 2000).

Por lo anterior se ha reportado, ya desde el año 2000, que “la evaluación integrada de aspectos y riesgos al medio ambiente, la salud y la seguridad significan un proceso efectivo”, subrayando que para ello, “se pueden necesitarse habilidades específicas” (Purba; 2000).

Por otra parte, “en un proceso de transferencia de tecnología que se materializa a través de una inversión, está presente la incertidumbre en el entorno de la ingeniería, pertinentes a los proyectos que son aspectos influidos por factores indeterminados, los cuales no siempre pueden ser examinados exactamente hasta después de todo el ciclo de vida de un proyecto, por lo que son tomados a riesgo” (Shaopel y Zhogmin; 1991), siendo imperioso minimizar ese riesgo.

Durante la elaboración de decisiones para la ejecución de inversiones en los proyectos de ingeniería, los gerentes están básicamente concentrados con las estimaciones siguientes:

- ¿Que adicionales incrementos o reducciones de los gastos del flujo de caja están asociadas con cada una de las alternativas propuestas?
- ¿Cómo determinar los adicionales gastos o reducciones del flujo de caja que resultarán de las alternativas propuestas?
- ¿Cómo evaluar las fluctuaciones de ingreso de los proyectos bajo incertidumbre y cuales son los limites inferiores y superiores?

Estos procesos son complicados por el hecho de que no todos los aspectos tendrán el mismo grado de incertidumbre y que “en un proceso de decisión el cual considera entradas y salidas del flujo de caja por un período de varios años, el valor en el tiempo del dinero y la incidencia sobre ellos es también un factor importante” (Jennings y Wattam; 1994), pues como se reconoce, “el dinero tiene un valor con respecto al tiempo” (Edgar y Himmenblau; 1998).

Cuando de *incertidumbre* en los análisis de la factibilidad de un proceso de transferencia de tecnología hablamos, no podemos perder de vista que el proceso de cuantificación de la incertidumbre en la valoración probabilística del riesgo, usualmente incluye una especificación de la incertidumbre de los datos de entrada y la propagación de esta incertidumbre en los riesgos del resultado final. La importancia de la incertidumbre en los datos de entrada, en un caso como este, reflejaría los grados de cambio en todos los valores de distribución y no sólo la no justeza de los valores de un punto estimado, es decir afectaría el estudio en su conjunto, por ello se requiere en cualquier evaluación de la transferencia de una tecnología minimizar la incertidumbre en los datos iniciales del estudio.

### **Vías para minimizar la incertidumbre en la inversión para la transferencia de una tecnología**

El primer aspecto que debemos considerar para minimizar la incertidumbre en un proceso de transferencia de tecnología es que, así como el desarrollo de un producto o un proceso, tiene su ruta con sus etapas, la transferencia de tecnología tiene las propias. Estas etapas se pueden distinguir como:

- Selección de tecnología
- Negociación de la misma
- Transferencia de la tecnología

Una vez que se ha elegido una cierta oportunidad de desarrollo, el primer paso en la transferencia de tecnología es la selección de la misma, los cuales incluyen el estudio interno y el estudio externo.

Los pasos en la selección de una tecnología se pueden resumir como sigue:

Estudio interno:

1. Identificación de proveedores
2. Análisis de Diferencias Básicas (entre el país comprador y el país vendedor)

Al analizar las diferencias básicas, los factores a considerar son:

- Capacidad de Producción: habitualmente, la tecnología en análisis ha sido desarrollada para mercados mucho mayores que el del país comprador. El menor tamaño de planta de planta determina mayores costos

unitarios de producción y menor rotación de capital, aunque la eficiencia tecnológica sea la misma (efecto de economía de escala).

- Materias Primas: la tecnología en venta ha sido desarrollada para las materias primas en el país de origen, que no tienen que ser identificadas a las del país comprador. Por ello, interesa determinar su rol en el proceso (reactivos, aditivos, disolvente, etc.).

- Productos y Subproductos: es necesario determinar si el mercado nacional demanda realmente un producto con las especificaciones del importado.

- Servicios: como la energía eléctrica, cuyo costo y eficiencia de provisión varían mucho de un país a otro.

- Equipos y materiales de Construcción: la construcción local de equipos depende de su complejidad y del material de construcción. Como éste es un rubro en el que las ganancias para el vendedor son significativas, es importante analizarlo en detalle.

- **Clima: según sea el tipo de clima, pueden obviarse aislamientos, construcciones cerradas, etc.**

- Mano de Obra: su disponibilidad y costo pueden determinar que no sea necesario emplear equipo muy complejo o automatizado.

- Diseño Mínimo Adecuado:

Caracterización de la Tecnología: puede clasificarse según tres criterios:

- El tipo de tecnología

- La misión del mercado

- **El nivel de obtención de la tecnología**

**Estudio Externo:**

1. Obtención de la información de Proveedores, que incluye:

-Disponibilidad de las distintas tecnologías

-Costo y grado de desarrollo del país proveedor

-Sensibilidad a la escala y a las materias primas

-Posibilidades de operación continua o discontinua

-Posibilidad de producir distintos productos

-Flexibilidad de productos y subproductos

-Severidad de los procesos

-Contaminación

-Integración a plantas existentes

2. Evaluación de la Capacidad de Adaptación

- El proceso adecuado: podemos obtener etanol por vía petroquímica a través de hidratación del etileno, pero también podemos obtenerlo por vía biomásica mediante fermentación de azúcares

- Tecnología Adecuada: lo que distingue a las épocas económicas, unas de otras no es lo que se hace, sino como se hace

- Evaluación de la Capacidad de Asimilación: acceso a los fundamentos de la tecnología que se oferta, a laboratorios y Plantas Pilotos; partici-

par en actividades de creación del Proyecto; capacidad de aprendizaje tecnológico.

Una tarea de tal magnitud requiere por una parte de criterios, métodos de evaluación y por la otra, el concurso de especialistas de varias ramas del conocimiento para elaborar una propuesta de decisión, lo que puede resolverse a través de un *Estudio Previo Inversionista* que prepare a la organización para la etapa de negociación.

### **Los estudios previos inversionistas. Principios metodológicos y de organización**

Los Estudio Previos Inversionistas que las organizaciones deben realizar antes de iniciar el proceso de negociación de una tecnología que se desea transferir, requiere considerar aspectos organizativos y metodológicos para su ejecución eficaz en una interacción recíproca, a saber:

- La creación del grupo para el Estudio Previo Inversionista
- La determinación de los procedimientos que posibilitan ejecutar con fundamento científico los pasos de un proceso de transferencia de tecnología.

Lo segundo condiciona lo primero, así que partiendo de que los componentes básicos de un *Estudio Previo Inversionista* son:

- Estudio de prefactibilidad
- Estudio de factibilidad detallado

Partiendo de que “la valoración económica de una inversión de ingeniería es la llave en los estudios de factibilidad de cualquier mega proyecto” (Shaopel; 1991), sin embargo, siendo la razón de retorno discontinuo de flujo de caja y el valor presente neto para proyectos futuros indicadores normalmente empleados en los estudios de factibilidad, debemos considerar que sus magnitudes “nunca podrán ser previstos con carácter absoluto puesto que los datos del flujo de caja de tales proyectos están sujetos a incertidumbre” (Shaopel; 1991). Por lo que para minimizar esa incertidumbre presente, en el *Estudio de Factibilidad Detallado* se llevan a cabo las siguientes tareas, como vía de ejecución y complemento de los pasos de transferencia de una tecnología:

1. Estudio de mercado
2. Estudio para la selección del sitio

El estudio para la selección del sitio es de vital importancia, pues permitirá un análisis detallado de la forma en que la tecnología se va a enmarcar en la logística del lugar donde se ubicara el proyecto, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Estudios para la ubicación de áreas de materias primas (diferentes fuentes de biomasa).
- Estudio de fuentes existentes de suministro de: Combustible, Agua.
- Vías de acceso. (Viales y ferrocarriles)
- Posibilidades para el uso de los residuales.

- Análisis de la infraestructura de riego existente en el lugar por considerarse el fertirriego como una de las soluciones mas baratas para el uso de los residuales.
- Posibilidades de fuerza de trabajo calificada.
- Logística para el transporte de la materia prima.
- Logística para la comercialización y venta del azúcar.

Una vez realizado este estudio es posible tomar decisiones muy a priori sobre el lugar seleccionado, permitiendo con un gasto de recursos mínimos, evitar errores que en fases avanzadas del proyecto exigirían desembolsos mayores para su solución.

### 3. Diagnóstico ambiental del sitio

El contenido del diagnóstico ambiental se desglosa a continuación, el mismo es una continuación del estudio del sitio de ubicación donde se profundiza en como el proyecto se insertará en el medio que lo rodea.

No se debe confundir esta etapa con el *Estudio de Impacto Ambiental*, aunque si es necesario señalar que tiene la gran ventaja de tributar datos al mismo, por lo tanto ahorra recursos una vez que se decida el proyecto y se realice el Estudio de Impacto Ambiental.

Las tareas que contiene este estudio son las siguientes:

#### a) Descripción del Proyecto.

General

Descripción de la obra ó actividad del Proyecto

Descripción el proceso tecnológico

#### b) Historia de las transformaciones ambientales del territorio

#### c) Descripción de la línea base ambiental

Caracterización del medio físico

Caracterización de la biota

Caracterización socio económica y cultural

#### d) Valoración del estado actual del medio ambiente

#### e) Análisis de la aceptación y/o conflictividad social generadas por el proyecto

Una vez que se ha realizado el diagnóstico ambiental se está en condiciones de decidir si el proyecto se debe realizar o no y proceder a desarrollar los estudios técnicos y económicos, es decir que aquí se puede ver la importancia que hoy se da a las decisiones de tipo ambientales.

### 4. Elaboración del estudio técnico

El estudio técnico debe realizarse lo mas detallado posible, de forma tal que se minimice la *incertidumbre* que pueda presentar el proyecto

Las actividades a realizar serán las siguientes:

- Desarrollo de los balances de materiales y energía por área.
- Elaboración de los esquemas tecnológicos y diagramas de bloques usando medios computacionales.
- Elaboración de las especificaciones técnicas de acuerdo a formatos internacionales.

- Solicitud de ofertas a diferentes suministradores nacionales e internacionales.
- Elaboración del listado de equipamiento por área.
- Elaboración del listado de planos necesarios.
- Elaboración de los diagramas de instrumentación y tuberías.
- Elaboración del listado de tuberías y accesorios por área.
- Elaboración del listado de instrumentación.
- Elaboración de los diagramas monolineales de fuerza.
- Listado de materiales eléctricos.
- Planos preliminares de:
  - Iluminación de exteriores,
  - Protección contra descargas eléctricas,
  - Sistema de tierra,
  - Canalización eléctrica,
  - Ubicación de pizarras y centros de control de motores.
- Análisis de ofertas y selección de precios de equipos y de los suministradores.
- Elaboración de la memoria descriptiva del proceso.
- Confección de los diagramas generales de disposición en planta
- Confección de los esquemas generales de disposición de la planta.
- Elaboración del esquema general de flujo del proceso.
- Elaboración del Anteproyecto civil de la planta.
- Elaboración del expediente para solicitud de la macrolocalización.
- Elaboración de expediente para la Agencia de Protección contra incendio para obtener la información necesaria para la elaboración de los proyectos.
- Elaboración de expediente con toda la información para licitar la Ingeniería de detalle.
- Establecer contactos con empresas comercializadoras de productos necesarios para la construcción y operación del central.
- Preparación de toda la información relacionada con la construcción y entrega a las empresas constructoras para su licitación.
- Elaboración del presupuesto detallado de la inversión.
- Elaboración del costo de producción.
- Desarrollo del análisis de rentabilidad y riesgo de la inversión.

Como puede apreciarse el grado de detalle utilizado en la elaboración del estudio técnico permitirá que la incertidumbre en esta etapa se reduzca, reportando beneficios y ahorros de tiempo y recursos financieros en la etapa de proyecto.

5. Elaboración del presupuesto de la inversión.
6. Elaboración del pronóstico de los costos de producción.
7. Análisis de rentabilidad. Análisis de riesgo.
8. Cronograma de ejecución de la obra.

De acuerdo con lo anterior la ejecución de un *Estudio Previo Inversionista* requiere de la creación como “Fuerza de Tarea” de un colectivo multidisciplinario que aborde con calidad y rapidez multitud de acciones en el plano científico técnico.

Se requiere un desembolso considerable de recursos para su realización, pero el resultado del mismo, compensa cualquier gasto, si se tiene en cuenta que a través de este estudio se obtiene por un lado todos los elementos para obtener la Licencia Ambiental del Proyecto y por el otro, todos los elementos necesarios para el análisis de las alternativas de impacto económico en diferentes escenarios de acuerdo con los estudios de sensibilidad que se realicen, lo que permite que cuando especificamos la predicción del valor de una y otra alternativa o escenario para proyectos, se brinde también una deseable medida de la confianza de la predicción, lo que posibilitará una decisión oportuna y certera a la organización en las negociaciones de transferencia de tecnología.

### **Consideraciones finales**

El desarrollo de los estudio previos inversionistas en los procesos de la industria química y fermentativa, permite analizar una serie de aspectos que logran reducir considerablemente la *incertidumbre* en la transferencia de tecnología que este tipo de proceso lleva implícito, como consecuencia de la versatilidad de las característica de la materia prima y la agresividad de los residuales. Por otro lado, la ejecución de los Estudios Previos Inversionistas permite en un breve período de tiempo aportar los fundamentos en el orden tecnológico, de sustentabilidad energética de impacto ambiental y de carácter comercial para la elaboración de una decisión en el proceso de asimilación de nuevas tecnologías.

Los *Estudios Previos Inversionistas* deben ejecutarse mediante la creación de una “Fuerza de Tarea” donde participen especialistas de alto nivel de las diferentes disciplinas de ingeniería, así como relacionada con los aspectos jurídicos, ambientales, comerciales y de seguridad de las instalaciones.

### **Referencias Bibliográficas**

Edgar, T.F , Himmenblau, D.M. (1998)  
“Optimization of Chemical Processes”. Chemical Enginnering Series.  
McGraw-Hill. 652.

EU (1997)  
Council Directive 96/82/EC of 9 de December on the control of major –  
accident hazard involving dangerous substances.Brussel: Official Journal  
of the European Communities Vol. 40, No. L10, 14 January 1997.

Hauptmanns, U.

“A Monte Carlo based procedure for treating the flight of missiles from tank”. Proceeding of the International Conference on Montecarlo Simulation. Monte Carlo. Principality of Monaco. 18-21 June 2000. 583-589.

Jennings, D. S. Wattam (1994)

“Decision Making”. Pitman Publishing. 319 páginas.

Rapoport, Anatol (1998)

“Decision Theory and Decision Behaviour” MacMillan Press LTD. 469 páginas.

Purba, F.

“Adoption de ISO 14001 Standards for Implementing Management System of Environment, Safety and Health”. Proceedings of the International Symposium on Green Productivity and Environmental Management in SMEs. 1-5 September 2000, 61-72. Hanover, Magdeburg, Germany.

Rudd, D.F., Watson, C. C. (1968)

“Strategy of Process Engineering”. Wiley.

Warren D. Seider, J.D. Seader, Daniel R. Lewin (1999)

Process Design Principles. Synthesis Analysis, and Evaluation. John Wiley & son, Inc. 824.

Shaopel, Lin; Zhang Zhogmin

“Fuzzy Risk Analysis of Engineering Investment by Hierarchy System Approach”. En Probabilistic Safety Assessment and Management”. V2. Editado por George Apostolakis. Elsevier Science Publishing Co, Inc. 1991. 1289-1295.

## CAPÍTULO V

### **El riesgo y la incertidumbre en la evaluación de inversiones de plantas de la industria química y fermentativa**

Armando Lauchy Sañudo  
Erenio González Suárez  
José Bautista del Rosario  
Miguel Ángel Laborde

#### **Introducción**

Es conocido que toda empresa, debe invertir siempre que se genere un producto marginal superior al costo marginal de la inversión. Ante tal circunstancia al empresario le queda por determinar dos cuestiones importantes:

- Las condiciones necesarias para que una inversión resulte viable desde el punto de vista económico.
- Los criterios de selección de inversiones cuando no pueden realizarse la totalidad de los proyectos, por su carácter sustitutivo, aún siendo todas ellas viables.

Para estas cuestiones precisamos de una medida de la rentabilidad de proyectos de inversión que nos permita determinar si es económicamente viable y si es también financieramente rentable.

Para la aprobación de un proyecto de inversión, el evaluador debe analizar cinco estudios principales de viabilidad: 1) legal, 2) técnica, 3) comercial, 4) organizacional y 5) financiera. Existe otra razón importante que determina la realización de un proyecto: la viabilidad política, que implica implementar o no un proyecto al margen de su rentabilidad.

Para la preparación de un proyecto será necesario efectuar una serie de estimaciones de lo que se espera sean en el futuro los beneficios y costos asociados al proyecto, lo que precisará que previamente se tomen un sinnúmero de decisiones respecto a casi la totalidad de las características que debiera tener el proyecto, las cuales influirán sobremanera en el resultado de la evaluación. En este contexto pasa a jugar un papel importantísimo el análisis y evaluación de proyectos de inversión bajo los efectos del riesgo y la incertidumbre en la asignación de recursos en condiciones restrictivas.

#### **La consideración del riesgo en las decisiones de inversión (Lauchy, 2003)**

El futuro u horizonte económico de la inversión difícilmente puede conocerse con precisión, pues una serie de factores o agentes externos incontrolables, ajenos al propio proyecto, condicionan e influyen en los resultados del mismo. El desembolso inicial, los flujos netos de caja e incluso el tiempo de la inversión, en innumerables casos se comportan de forma

aleatoria. Por ello es lógico afirmar que en el mundo económico actual nos movemos casi siempre en el campo de la incertidumbre.

Lo anterior es así básicamente, porque se exige que con gran anticipación se determine la conveniencia de implementar una cierta iniciativa de inversión, mediante la estimación de los costos y beneficios que se asocian a la puesta en marcha y futura operación de un proyecto, incluso sin que dependa del evaluado ni siquiera la fecha en que se iniciará la construcción. Este carácter anticipado determina, que el resultado del proyecto pueda estar totalmente equivocado y no necesariamente por un mal trabajo del evaluador, ya que el resultado dependerá del comportamiento de las variables que lo condicionan y sobre las cuales este no tiene ningún grado de control, variables como: la naturaleza, la política económica, los cambios tecnológicos, los precios relativos internacionales, etc. Sin embargo, no todos los cambios incontrolables son contrarios a la rentabilidad de un proyecto, porque en cada cambio de las políticas económicas, alguien obtiene lo que otro pierde.

La dificultad de poder prever en qué áreas del entorno es posible ocurran cambios, se ve incrementada por la imposibilidad de saber si ellos serán beneficiosos o contrarios a los intereses del proyecto. Muchas veces mientras el inversionista está en la etapa de búsqueda de las fuentes de financiamiento para iniciar las inversiones proyectadas, los cambios en el entorno dejan obsoleto el resultado del estudio. En muchos casos, sin embargo, las distintas magnitudes que definen la inversión se conocen con un grado de aproximación tal que pueden ser consideradas en la práctica como cierta o subjetivamente cierta, sin que por ello se corra el riesgo de incurrir en errores importantes. En resumen:

- No parece aconsejable llamar riesgo a la desviación positiva de un resultado.
- El hecho de que un peligro no pueda ser probabilizado no elimina su amenaza.
- El riesgo no es una incertidumbre probabilizable porque: a) la incertidumbre no se probabiliza, lo que se puede probabilizar son los acontecimientos; b) incertidumbre y riesgo son dos conceptos absolutamente distintos. Incertidumbre es falta de certeza y duda; el riesgo es la amenaza de un daño, un peligro. Cuando aumentan las probabilidades conocidas de un acontecimiento, disminuye la incertidumbre sobre el mismo, cuando aumentan las probabilidades de que se haga realidad un mal que nos amenaza, aumenta el riesgo.

En realidad riesgo e incertidumbre son dos cosas distintas pero estrechamente relacionadas. Dada esta íntima relación, el tratamiento del riesgo ha de pasar frecuentemente por un proceso informativo cuyo objeto inmediato es lograr unos conocimientos que reduzcan la incertidumbre. Con ello se persiguen dos objetivos:

- eliminar errores que son amenaza para la decisión y la gestión.
- descubrir riesgos y perfilar mejor los que ya previamente se habían percibido, determinando sus dimensiones.

### **Utilización de la estadística matemática para calcular el riesgo**

En vez de observar visualmente la variabilidad de los rendimientos del proyecto, se pueden utilizar ciertas medidas estadísticas de riesgo. Tales medidas ofrecen a quien toma las decisiones un valor concreto indicativo de la variabilidad del proyecto y en consecuencia del riesgo. Mientras mayor sea esta variabilidad menos confianza puede tenerse acerca de los resultados relacionados con un proyecto. Las medidas estadísticas más comunes del riesgo son: la desviación estándar de la media o valor esperado de rendimiento y la esperanza matemática o media teórica.

Criterio de la esperanza matemática: en cualquier problema económico, cuando las distintas situaciones que pueden presentarse se conocen en términos de probabilidad (caso aleatorio), un criterio de decisión racional es el de la esperanza matemática. La dificultad surge en los casos de universo incierto, ya que al no conocer las probabilidades no se puede aplicar el criterio. Con el objetivo de evitar el subjetivismo en el comportamiento del decisor en estas situaciones de total incertidumbre, se plantean los criterios de decisión clásicos (criterio de Laplace o de igual verosimilitud, pesimista o de Wald, Harwicz, etc.), que no han resuelto el problema. Cada uno de los criterios de decisión clásicos puede dar un resultado distinto, por lo que la subjetividad se halla ahora en la selección del criterio ya que es necesario decidir la manera de decidir. El problema se ha trasladado de nivel sin lograr resolverlo.

Ahora bien, el sujeto decisor no se encuentra nunca realmente ante situaciones de total incertidumbre. La hipótesis de ignorancia total es tan irreal como la de información perfecta. Ante un universo incierto resulta difícil evitar la ponderación de diferentes situaciones. De ahí que en la actualidad se haya llegado a la conclusión de que en dichas situaciones, aparentemente de máxima incertidumbre, el mejor criterio de decisión sea el de la esperanza matemática, calculada utilizando las probabilidades subjetivas.

La probabilidad de un suceso ya no es tan solo como se ha entendido clásicamente igual a la relación entre el número de casos favorables y el número de casos posibles, o igual al límite de una frecuencia. La probabilidad subjetiva es un número que cuantifica el concepto cualitativo de verosimilitud del sujeto decisor y se basa en su experiencia, su intuición, sus sentimientos o en sus conocimientos. Esta idea de la probabilidad ha sido rehabilitada por los teóricos de la decisión estadística al mostrar su utilidad en la toma de decisiones económicas.

El sujeto decisor elegirá aquella línea de acción que le proporcione la máxima esperanza matemática de beneficio. Concretamente, el inversor

preferirá en primer término aquellas inversiones con un capital medio mayor. El criterio de la esperanza matemática no puede aplicarse más que a los fenómenos sometidos a la ley de los grandes números, ya que solamente en razón del carácter reiterativo del fenómeno estudiado por lo que el centro de decisión tiene la seguridad de ver su ganancia media converger hacia el valor medio esperado. Esto hace que dicho criterio tenga a veces un valor práctico limitado, ya que la mayoría de los problemas económicos no presentan ese carácter reiterativo.

La elección de aquellas inversiones con unas esperanzas matemáticas de valor capital (o de tasa de retorno) mayores constituye, como también hemos visto, una línea de conducta racional. Ahora bien, el empresario no debe conformarse solamente con el conocimiento de la esperanza matemática del valor capital para la adopción de la decisión de inversión. Dos inversiones con el mismo valor capital pueden no ser indiferentes para el inversor, debido precisamente al distinto grado de riesgo. El riesgo de un proyecto viene definido por la variabilidad de sus flujos de caja y suele convenir tomar como medida del mismo la varianza del valor capital.

El inversor tiene que moverse entre dos fuerzas de sentido opuesto: intentar maximizar la esperanza matemática de la ganancia y al mismo tiempo tratar de minimizar la varianza o riesgo de la inversión. Pero ocurre que generalmente las inversiones más rentables son las más arriesgadas o viceversa. La conducta racional del inversor consistirá en escoger entre las inversiones con igual capital aquellas que tengan una varianza menor; o lo que es equivalente, en elegir entre las inversiones que tengan igual varianza aquellas que tengan un valor capital medio mayor.

El valor capital de una inversión calculado en base a los flujos de caja medios debe ir acompañado de la varianza. El valor de este parámetro le advertirá al inversor del riesgo que lleva implícito la decisión de inversión y entre las inversiones con igual valor capital serán preferibles aquellas que tengan una menor varianza. Un inversor puede preferir una inversión con un valor capital menor que otra con un valor capital mayor, porque tiene también una varianza menor.

La esperanza matemática (o media teórica) de una suma de variables aleatorias, sean estas independientes o dependientes, es siempre igual a la suma de las esperanzas matemáticas de cada una de dichas variables, aplicado al valor capital se describe como:

$$E[VC] = -E[A] + \frac{1}{(1+k)} \cdot E[Q_1] + \frac{1}{(1+k)^2} \cdot E[Q_2] + \dots + \frac{1}{(1+k)^n} \cdot E[Q_n] = -E[A] + \sum_{t=1}^n \frac{E[Q_t]}{(1+k)^t}$$

donde:

$$E[A] = \sum_{t=1}^h A_t^r \cdot P_0^r$$

$$E[Q_t] = \sum_{t=1}^h Q_t^r \cdot P_t^r$$

$A_0^r$ : posible valor que puede tomar el desembolso inicial ( $r=1,2,\dots,h$ )  
 $P_0^r$ : probabilidad de ocurrencia de  $A_0^r$   
 $Q_t^r$ : posible valor que puede tomar el flujo de caja en el momento  $t$   
 ( $r=1,2,\dots,h$ ;  $t=1,2,\dots,n$ )  
 $P_t^r$ : probabilidad de ocurrencia de  $Q_t^r$

Cuando el desembolso inicial, o alguno de los flujos de caja es una magnitud perfectamente conocida y no una variable aleatoria ya se sabe que su esperanza matemática es idéntica a su valor y su varianza es nula. En realidad, solo tiene sentido hablar de esperanza matemática y de varianza de una variable aleatoria. Sin embargo, al determinar estos parámetros puede ocurrir que no todos los sumandos sean variables estocásticas y unos pueden conocerse con exactitud mientras que otros solo es posible conocerlos en términos de probabilidad

En los casos donde la esperanza matemática coincide, es muy importante conocer la dispersión o variabilidad, la cual es mayor mientras más alejados se encuentran los posibles valores, respecto al valor esperado y cuanto mayores son las probabilidades de estos valores que se encuentran distanciados de la media. Aunque existen diversos parámetros por los que se mide la dispersión, los más empleados son la varianza y la desviación típica.

La varianza de una variable aleatoria, es igual a la media aritmética ponderada de las desviaciones cuadráticas de dicha variable con respecto a su valor medio. Para un período de tiempo  $t$ , la varianza del flujo de caja correspondiente vendrá dada por:

$$\sigma^2(Q_t) = \sum_{r=1}^h (Q_t^r - E[Q_t^r])^2 \cdot P_t^r$$

donde:

$Q_t^r$ : flujo de caja de la posibilidad en el período  $t$

$P_t^r$ : probabilidad de que ocurra  $Q_t^r$

$E[Q_t^r]$ : esperanza matemática de  $Q_t^r$

La varianza de una suma de variables aleatorias es igual a la suma de varianzas cuando tales variables son independientes; en el caso de que las variables sean dependientes habrá que tener en cuenta los momentos mixtos. En el cálculo de la varianza del valor capital se distinguen tres casos: a) los distintos flujos de caja son independientes, b) los flujos de caja están perfectamente correlacionados, c) situación intermedia entre las dos anteriores.

La desviación típica o estándar es igual a la raíz cuadrada de la varianza:

$$\sigma(Q_t) = \sqrt{\sum_{r=1}^h (Q_t^r - E[Q_t^r])^2 \cdot P_t^r}$$

Es necesario ser cuidadoso al utilizar la desviación típica, ya que solamente es un indicador absoluto de dispersión y no considera la dispersión de valores en relación a un valor esperado. En comparaciones de proyectos con valores esperados diferentes, la utilización de la desviación estándar se puede mejorar fácilmente convirtiéndola en un coeficiente de variación.

Existe un parámetro, denominado coeficiente de variación (CV), que combina el riesgo y la esperanza matemática:

$$CV = \frac{\text{Desviación típica}}{\text{Esperanza Matemática}}$$

Representa el porciento de la desviación típica respecto al valor esperado de la variable. **Mientras más alto sea el coeficiente de variación más riesgoso es el proyecto.** La utilidad real de este coeficiente está en la comparación de proyectos que tengan valores esperados diferentes.

### **El análisis de sensibilidad en las decisiones de inversión**

Cuando todas o algunas de las magnitudes que definen una inversión no son consideradas como ciertas sino más bien como variables aleatorias, cobra especial interés el análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos, utilizando el criterio del valor capital, tasa de retorno, etc. Mediante este análisis se trata de ver la sensibilidad del resultado obtenido ante la variación de alguna de las magnitudes que definen la inversión (desembolso inicial, flujos netos de caja o tasa de descuento), y tener una idea aproximada del grado de confianza de los resultados obtenidos.

El análisis de la sensibilidad se puede utilizar con éxito en cualquier modelo económico decisionista, con el objeto de determinar la variabilidad del resultado final al variar alguno de los parámetros estimados. Aquellos a los que el resultado obtenido es más sensible, deben estimarse con mayor precaución; por el contrario, aquellos que pueden variar dentro de un amplio intervalo sin que por ello varíe de forma significativa el resultado pueden estimarse con menor cuidado. El estudio de la sensibilidad de las decisiones de inversión constituye una forma indirecta de introducir el riesgo en el análisis de las inversiones, dado que las magnitudes fundamentales que definen una inversión ya no son consideradas como ciertas, lo que nos obliga a tomar los resultados obtenidos, en base a ellas, con cierta cautela.

Sin embargo, para muchos evaluadores el análisis de sensibilidad están reemplazando a los métodos tradicionales de incorporación del riesgo, ya sea en los flujos de caja como en los criterios de evaluación que lo incorporan en la tasa de actualización. También es cada vez menor la cantidad de proyectos donde se incluye una cuenta "Imprevistos" para mostrar los cambios que se pueden producir en las estimaciones.

El principal problema de los modelos de riesgo radica en que básicamente consideran información histórica para suponer, por ejemplo, probabilidades de ocurrencia que le asignaran a los flujos de caja proyectados.

Todos sabemos que los cambios en los factores climáticos, si bien muestran muchas veces un comportamiento predecible, también en muchos casos el momento de su ocurrencia o la intensidad que manifiesten son imposibles de predecir.

Lo mismo ocurre con el factor desarrollo tecnológico. Si bien es posible graficar incluso una curva que muestre el avance en la innovación tecnológica, difícilmente podrá calcularse una probabilidad de ocurrencia creíble acerca de cuándo y con qué características aparecerá una nueva tecnología utilizable, ya sea por la competencia, los directores del proyecto o los proveedores. Lo mismo podemos decir de las restantes variables del entorno.

Los métodos de incorporación del riesgo son insuficientes para agregarlos por sí solos a una evaluación, por ello los métodos de sensibilidad, si bien en ciertos casos reemplazan a los de riesgo, se proponen como un complemento de estos últimos, siempre con la finalidad de mejorar la información que se le proporcionará al inversionista para ayudarlo en la toma de decisiones.

### **La sensibilidad de la decisión óptima adoptada en base al criterio del valor capital**

Una inversión conviene llevarla a cabo según el criterio del valor capital, cuando este es positivo. El valor capital de una inversión en el caso general viene dado, como se sabe, por la expresión:

$$VC = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Las magnitudes que definen el valor capital son  $A$ ,  $Q_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) y  $k$ , que se necesitan estimar en el momento de decidir la conveniencia de la inversión. Como en toda predicción, los valores reales pueden diferir de los valores estimados y la decisión considerada como óptima tomando como base los valores esperados puede resultar errónea. La decisión consistente en aceptar la inversión puede no ser la óptima, cuando el valor capital *ex-post* es nulo o negativo; por el contrario, la decisión consistente en no aceptar la inversión no será óptima cuando el valor capital *ex-post* sea positivo. La decisión de aceptar no aceptar una inversión, que siempre tiene que adoptarse tomando como base valores estimados, encierra por lo tanto un cierto grado de riesgo, que es debido al posible fallo en las predicciones.

La variación de cada una de las magnitudes no afecta en igual medida al valor capital. Por ello, debemos preguntarnos: ¿dentro de qué intervalo puede variar cada una de las distintas magnitudes sin que el valor capital cambie de sentido?. En forma equivalente, y en el supuesto de que el valor capital esperado sea positivo (es decir, la decisión óptima es aceptar la inversión), podemos preguntarnos: ¿dentro de qué intervalo puede variar

cada una de las magnitudes para que el valor capital siga siendo positivo?. La respuesta a esta pregunta constituye el objeto del presente apartado.

Variación de A: a partir de la ecuación del valor capital (VC), podemos observar que para que VC siga siendo positivo, el valor A tendrá que verificar:

$$A < \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Variación de  $Q_j$ : al variar  $Q_j$ , para que VC siga siendo positivo tendrá que verificarse la siguiente relación:

$$Q_j \left[ A - \frac{Q_1}{(1+k)} - \frac{Q_2}{(1+k)^2} - \dots - \frac{Q_{j-1}}{(1+k)^{j-1}} - \frac{Q_{j+1}}{(1+k)^{j+1}} - \dots - \frac{Q_n}{(1+k)^n} \right] \cdot (1+k)^j$$

Variación de k: como VC es una función decreciente de k, la tasa de actualización que anule a la ecuación de VC será la tasa fronteriza entre aceptar y no aceptar. Cuando k supere dicha tasa fronteriza, la decisión consistente en aceptar la inversión deja de ser la óptima.

La tasa fronteriza, entonces, vendrá dada por la ecuación:

$$VC = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} = 0; \text{ de donde se despeja k.}$$

### **La sensibilidad del orden de preferencia cuando se utiliza como criterio de decisión el valor capital**

Cuando tenemos un conjunto de alternativas de inversión ordenadas, según el criterio del VC, de mayor a menor preferencia, puede interesar analizar la sensibilidad del orden inicialmente establecido ante la variación de algunas de las magnitudes que definen las distintas inversiones.

La comparación se debe establecer ahora, no con relación a un valor capital nulo, sino con relación al valor capital de la inversión siguiente. Una inversión desciende en el orden de la lista cuando su VC desciende por debajo del VC de las inversiones siguientes. La inversión primera pasará al segundo lugar cuando su VC descienda por debajo del de la segunda y siga siendo superior al de la tercera y así se analizará con el todas las inversiones.

### **La sensibilidad de la decisión óptima adoptada en base al criterio de la tasa de retorno**

La tasa de retorno es, como se sabe, aquel tipo de actualización o descuento que anula el valor capital; es decir, es aquel valor de r que verifica la ecuación:

$$V(r) = -A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

La inversión interesará llevarla a cabo cuando  $r$  sea mayor que  $k$ , siendo  $k$  el tipo de rendimiento exigido (costo de capital) o suelo mínimo de rentabilidad. Al igual que ocurre con el valor capital, la tasa de retorno es calculada en base a unos valores estimados de  $A$  y  $Q_j$  y el valor real que en el futuro van a tomar dichas magnitudes puede coincidir o no con los valores previstos. La desviación en más o menos de  $A$  y  $Q_j$  con relación a los valores previstos afectará al valor de  $r$  en diferente proporción. ¿Cuál es el efecto de esas desviaciones sobre el valor de  $r$  y, por ende, sobre la decisión de inversión?

Variación de  $A$ : al variar  $A$ , la inversión dejará de interesar cuando  $r$  descienda por debajo de  $k$ . El valor máximo que puede tomar  $A$  para que la inversión siga siendo interesante, será aquel que verifique la ecuación:

$$A = \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Variación de  $Q_j$ : como se observa de la ecuación de la tasa de retorno, al aumentar  $Q_j$  (en el supuesto de que sea positivo) la tasa de retorno también aumentará. El menor valor que puede tomar  $Q_j$  para que la inversión siga interesando (es decir  $r \geq k$ ), se obtendrá despejando de la tasa de retorno y será:

$$Q_j \geq \left[ A - \frac{Q_1}{(1+k)} - \frac{Q_2}{(1+k)^2} - \dots - \frac{Q_{j-1}}{(1+k)^{j-1}} - \frac{Q_{j+1}}{(1+k)^{j+1}} - \dots - \frac{Q_n}{(1+k)^n} \right] \cdot (1+k)^j$$

Variación de  $k$ : la inversión seguirá interesando mientras  $r$  sea mayor o igual que  $k$ . El mayor valor que puede tomar  $k$  será aquel que verifique la ecuación de la tasa de retorno.

### **La sensibilidad del orden de preferencia cuando se utiliza como criterio de decisión la tasa de retorno**

Las inversiones aparecerán ordenadas de mayor a menor tasa de retorno y la comparación se establecerá no con relación a  $k$  (costo de capital) sino con relación a la tasa de retorno de la inversión siguiente o con relación a la tasa de cualquier otra inversión. Al variar algunas de las magnitudes de cualquier inversión, el orden de preferencia de la lista de proyectos puede cambiar. Para que el orden de preferencia siga siendo el mismo, habrá que estudiar la sensibilidad de aquella inversión cuyas magnitudes varían con relación a la inversión anterior y a la siguiente. De esta forma, se obtiene para cada una de las magnitudes:  $A$ ,  $Q_j$  y  $k$  intervalos de variación en los cuales la inversión se mantendrá en el mismo lugar de la lista.

## La sensibilidad de la decisión óptima adoptada en base al modelo unidimensional

El modelo unidimensional permite trabajar con una sola variable cada vez, de ahí su nombre. A diferencia del modelo anterior, en vez de analizar que pasa con el VAN cuando se modifica el valor de una variable, busca determinar hasta cuanto podría modificarse el valor de la variable estimada en el flujo inicial para que el proyecto siga siendo atractivo para el inversionista. Este método es mucho más eficiente, por cuanto busca un solo valor límite, el cual al ser conocido por el inversionista, le permite incorporar a la decisión su propia aversión al riesgo.

Con este método se busca el punto límite; o sea, determinar hasta donde podría bajar la demanda para que el proyecto siga siendo conveniente. Esto es lo mismo que buscar la cantidad que hace al VAN igual a cero.

Por ejemplo, si el método anterior consideraba la demanda como una variable necesaria de sensibilizar, podía analizar el VAN para un decrecimiento de 1%, 2%, 3%, y así sucesivamente hasta llegar a un 10% o 15%. Con el método unidimensional, la respuesta indicaría que el límite se encuentra en una reducción de hasta 4.35% en la estimación de ventas. De acuerdo con esto, la tasa interna de retorno correspondería a una sensibilización de la tasa de costo capital, que indicaría hasta dónde podría aumentar esta para que el proyecto siga siendo favorable de llevar a cabo.

## Análisis de Caso. Opciones para medir la rentabilidad

Para llevar a cabo el análisis económico del proyecto, se concibe un sistema alcohol-torula-procesos alcoquímicos (Lauchy et al; 2003) como un todo, de forma que se consideren los costos de la materia prima para la producción combinada alcohol-torula y se evalúe finalmente su repercusión en las producciones alcoquímicas.

Las siguientes ecuaciones serán usadas para obtener los costos de inversión y de producción totales del complejo, necesarios para el cálculo de los indicadores dinámicos.

$$CI_{\text{COMPLEJO}} = CI_{\text{PALCOH.}} + CI_{\text{PALDEH.}} + CI_{\text{PACETAL}}$$

$$CP_{\text{COMPLEJO}} = CP_{\text{ALCOHOL-TORULA}} + CP_{\text{ALDEH.*}} + CP_{\text{ACETAL*}}$$

$$\text{Ingresos} = I_{\text{TORULA}} + I_{5\% \text{ALCOH.}} + I_{\text{AcE}} + I_{\text{ACETAL}}$$

\* No se consideran los costos de la materia prima

Teniendo en cuenta que  $I_{\text{AcE}} = 277 \text{ t/a} \times 440 \text{ \$/t} = 121\ 880 \text{ \$/a}$ .

Se evalúan cuatro alternativas que combinan diferentes costos de producción de alcohol y precios de venta de acetal (Laborde et al; 2003):

1.1- Alternativa I para la producción combinada alcohol-torula y precio alto de acetal.

- 1.2- Alternativa I para la producción combinada alcohol-torula y precio bajo de acetal.
- 2.1- Alternativa II para la producción combinada alcohol-torula y precio alto de acetal.
- 2.2- Alternativa II para la producción combinada alcohol-torula y precio bajo de acetal.

**Tabla 5.1.:** Costos de inversión, producción e ingresos por venta de las alternativas.

Indicadores	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2
Ing/Venta	\$39 503 750	\$28 395 950	\$39 503 750	\$28 395 950
Cost de Produc.	\$20 378 826	\$20 378 826	\$19 255 458	\$19 255 458
Inversión	\$9 280 690	\$9 280 690	\$9 280 690	\$9 280 690

Sobre el precio de venta del acetal existe marcada incertidumbre, no existe información que reporte su precio para ser usado como aditivo en combustibles. Por ello que se adopta como precio alto y bajo en las alternativas anteriores, el 60% y 40% del precio del acetal como reactivo (Sigma Cell Culture Reagents.

Catalogue pricelist /U.S.A/1991), respectivamente. Esto redunda en un precio alto de 2 662.37 \$/t y un precio bajo de 792.37 \$/t.

### **Determinación de los flujos de caja**

Para este análisis se han tenido en cuenta los siguientes supuestos:

- Se consideran los flujos de caja al final de cada año y constantes.
- Terminado el primer año ya se han realizado las inversiones iniciales del proyecto.
- Al final del segundo año, el costo inicial del proyecto es de 5 568 419 \$ (60% Inv. fija) y al final del segundo, de 3 712 279 \$.
- En el segundo y tercer años del proyecto solo se receptorán el 50% y 80% de los ingresos totales, respectivamente; hasta que en el cuarto año se normalice la producción.
- Dada la magnitud de la inversión, será indispensable obtener préstamos monetarios que se reintegrarán con un 10% de interés.
- El préstamo equivale a 4 000 000 \$.
- Se convenía que la devolución del préstamo sea en un término de dos años.

A continuación se muestra como ejemplo, el cálculo del flujo de caja de la alternativa 1.1; de igual forma se procede para todas las variantes.

**Tabla 5.2.:** Flujo de caja. Alternativa 1.1.

Indicador	Año 0	Año 1	2	3	4	5
+Ingresos por ventas.	-	-	19 751 875	31 603 000	39 503 750	39 503 750
-Cost variab por ventas	-	-	10 189 413	1303 060	20 378 826	20 378 826
=Beneficio en operación	-	-	9 562 462	15 299 940	19 124 924	19 124 924
-Depreciación.	-	-	928 069	928 069	928 069	928 069
=Benef. antes impuestos.	-	-	8 634 393	14 371 871	18 196 855	18 196 855
-Impuestos.	-	-	1 975 187	3 160 300	3 950 375	3 950 375
=Ingreso neto.	-	-	6 659 206	11 211 571	14 246 480	14 246 480
+Depreciación.	-	-	928 069	928 069	928 069	928 069
=Flujo de fond. Operativo	-	-	7 587 275	12 139 639	15 174 549	15 174 549
-Inversión en capital fijo	5 568 419	3 712 279	-	-	-	-
-Inver. en capital de trabajo	-	2 399 663	-	-	-	-
+Desinversiones	-	-	-	-	-	-
=Flujo del proyecto en sí	-5 568 419	-6 111 942	7 587 275	12 139 639	15 174 549	15 174 549
-Devolución financiera	-	-	2 200 000	2 200 000	-	-
=Flujo fondos financiación	-5 568 419	-6 111 942	5 387 275	9 939 639	15 174 549	15 174 549

### Determinación de los indicadores de evaluación de inversiones

Se procede a calcular los indicadores: VAN, TIR y PRD para cada alternativa.

**Tabla 5.3.:** Indicadores dinámicos de la evaluación económica.

Indicadores	Alternativas			
	1.1	1.2	2.1	2.2
V.A.N.	\$20 581 983	-\$2 593 206	\$22 605 703	\$1 221 138
T.I.R.	45%	5%	49%	13%
P.R.D.	1 año, 326 días	-	1 año, 285 días	3 años, 265 días

### Aplicación de los criterios de tratamiento de riesgo

Considerando que el costo de inversión es una variable conocida y que los flujos de cajas es una variable aleatoria que se conocen en términos de probabilidad, pueden existir tres tipos de flujos de caja: pesimista, probable y optimista. Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a la aplicación de los métodos de análisis de riesgo para cada alternativa.

**Tabla 5.4.:** Cálculo de la esperanza matemática. Alternativa 1.1.

Período	Flujo	Probabilidad
	Pesimista = \$- 19 516 924	0.2
Año 2	Probable = 5 387 275	0.5
	Optimista = 10 774 550	0.3
	Pesimista = \$- 17 454 980	0.2
Año 3	Probable = 9 939 639	0.5
	Optimista = 12 424 548	0.3
	Pesimista = \$- 14 959 532	0.2
Año 4	Probable = 15 174 549	0.5
	Optimista = 18 968 186	0.3
	Pesimista = \$- 17 972 940	0.2
Año 5	Probable = 15 174 549	0.5
	Optimista = 30 349 098	0.3

Aplicando la fórmula de la esperanza matemática del valor capital será:

$$E[VC] = -E[A] + \sum_{t=1}^n \frac{E[Q_t]}{(1+k)^t}$$

$$E[VC] = -11\,124\,730 + \frac{2\,022\,617.2}{(1+0.1)^2} + \frac{5\,206\,187}{(1+0.1)^3} + \frac{12\,977\,823.8}{(1+0.1)^4} + \frac{13\,097\,415.9}{(1+0.1)^5}$$

$$E[VC] = 11\,454\,831$$

*Cálculo de la varianza.*

$$\sigma^2(Q_t) = \sum_{r=1}^h (Q_t^r - E[Q_t^r])^2 \cdot P_t^r$$

$$\sigma^2(Q_2) = 121\,429\,725 \text{ M.}$$

$$\sigma^2(Q_3) = 129\,539\,901 \text{ M; } \sigma^2(Q_4) = 169\,277\,196 \text{ M.; } \sigma^2(Q_5) = 284\,516\,802 \text{ M.}$$

La varianza del valor capital vendrá dada por:

$$\sigma^2(VC) = \sigma^2(A) + \frac{1}{(1+k)^2} \cdot \sigma^2(Q_1) + \frac{1}{(1+k)^4} \cdot \sigma^2(Q_2) + \dots + \frac{1}{(1+k)^{2n}} \cdot \sigma^2(Q_n) = 489\,961\,539 \text{ M.}$$

*Desviación típica.*

$$\sigma(Q_t) = \sqrt{\sum_{r=1}^h (Q_t^r - E[Q_t^r])^2 \cdot P_t^r}, \quad \sigma(VC) = \sqrt{489\,961\,539 \text{ M}} = 699\,972$$

*Coefficiente de variación (CV) :*

$$CV = \frac{\text{Desviación típica}}{\text{Esperanza matemática}} = \frac{699\,972}{11\,454\,831} = 0.06$$

### El comportamiento probabilístico del VAN

La variable aleatoria VAN es igual, como puede observarse en su fórmula, a la suma de varias variables aleatorias. En virtud del teorema central del límite, la suma de variables aleatorias independientes tiende a la distribución normal cuando el número de sumandos tiende a infinito. Si el número de sumandos es inferior a 10 o los flujos de caja de los distintos periodos no son independientes, no se puede fundamentar la hipótesis de normalidad en el teorema central del límite. La variable VAN puede seguir cualquier otra ley de probabilidad, y para descubrirla se necesita hacer pruebas de adherencia utilizando alguno de los métodos que proporciona la Estadística Matemática. Como tales pruebas requieren de un nivel de información del que no se dispone y de laboriosos cálculos, es frecuente que el analista de inversiones acepte la hipótesis de normalidad, lo cual es aceptado también en este trabajo. Entonces, la variable normal ( $E[VAN]$ ,  $\sigma(VAN)$ ) se relaciona con la normal (0,1), que es la que aparece calculada en las tablas, mediante la siguiente relación fundamental:

$$VAN = E[VAN] + \sigma(VAN) \varepsilon.$$

Donde  $\varepsilon \rightarrow N(0,1)$  = variable aleatoria normal de media nula y desviación estándar igual a 1.

Procedemos a calcular las siguientes probabilidades

- Probabilidad de que el VAN sea positivo:

$$P[VAN \geq 0] = P[11\,454\,831 + 699\,972 \geq 0] = P\left[\varepsilon \geq -\frac{11\,454\,831}{699\,972}\right] = 16.36$$

$$= P[\varepsilon \geq -16.36] = P[\varepsilon \leq 16.36] = 0.998 = 99.8\%$$

- Probabilidad de que el VAN sea negativo.

$$P[VAN < 0] = 1 - P[VAN \geq 0] = 1 - 0.998 = 0.002 = 0.2\%$$

### Ajustes a la tasa de descuento

Suponiendo las siguientes tasas de descuento incrementadas: 15%, 30%, 50%.

El valor capital será:

$$VC = -A + \frac{Q_2}{(1+s)^2} + \frac{Q_3}{(1+s)^3} + \frac{Q_4}{(1+s)^4} + \frac{Q_5}{(1+s)^5}$$

$s=15\% \rightarrow VC = \$ 15\,339\,968$  y con esta tasa se puede llevar a cabo la inversión

s=30% → VC= \$ 5 981 171 y como es positivo interesa llevarla a cabo.

s=50% → VC= \$-789 583 y con esta tasa de descuento la inversión no es conveniente.

### Reducción de los flujos de caja a condiciones de certeza

Partiendo, que el riesgo del flujo neto de caja es mayor en los últimos años que en los primeros y que cuando mayor sea el riesgo menos vale dicho flujo para el inversor y por ello menor tiene que ser el coeficiente  $\sigma_1$ , tenemos los siguientes coeficientes de ajuste:  $\sigma_2 = 0.9$ ;  $\sigma_3 = 0.6$ ;  $\sigma_4 = 0.4$ ;  $\sigma_5 = 0.2$

El VC de la inversión, una vez ajustados los flujos de caja será:

$$VC = -11\,124\,730 + \frac{0.9(5\,387\,275)}{(1.1)^2} + \frac{0.6(9\,939\,639)}{(1.1)^3} + \frac{0.4(15\,174\,549)}{(1.1)^4} + \frac{0.2(15\,174\,549)}{(1.1)^5}$$

VC = -11 124 730+10 786 750= -337 980; y la inversión no conviene llevarla a cabo.

**Tabla 5.5.:** Resultados del cálculo de la esperanza matemática, la varianza, la desviación típica y el coeficiente de variación para cada una de las alternativas

Indicador	Alternativas			
	1.1	1.2	2.1	2.2
Esperanza Mat.	11 454 831	-	19 951 546	1 346 636
Varianza	489 961 539	-	559 160 466	3 243 171
Dev. Típica	699 972	-	747 770	56 949
Coef. Variación	0.06	-	0.03	0.04

### Análisis de Sensibilidad, método tradicional, alternativa 1.1.

Variación de A:

A<

$$\frac{Q_2}{(1+r)^2} + \frac{Q_3}{(1+r)^3} + \frac{Q_4}{(1+r)^4} + \frac{Q_5}{(1+r)^5}$$

A< 31 706 713, siempre que A varíe dentro del intervalo (0;31706713), la inversión seguirá siendo conveniente.

Variación de Q<sub>j</sub>: Q<sub>2</sub>>

$$\left[ A - \frac{Q_3}{(1+r)^3} - \frac{Q_4}{(1+r)^4} - \frac{Q_5}{(1+r)^5} \right] (1+r)^2$$

Q<sub>2</sub>> - 19 516 924, puede variar en el intervalo (-19 516 942; ∞).

$$Q_3 > \left[ A - \frac{Q_2}{(1+r)^2} - \frac{Q_4}{(1+r)^4} - \frac{Q_5}{(1+r)^5} \right] (1+r)^3$$

$Q_3 > -17\,454\,980$ , puede variar en el intervalo  $(-17\,454\,980; \infty)$

$$Q_4 > \left[ A - \frac{Q_2}{(1+r)^2} - \frac{Q_3}{(1+r)^3} - \frac{Q_5}{(1+r)^5} \right] (1+r)^4$$

$Q_4 > -14\,959\,532$ . puede variar en el intervalo  $(-14\,959\,532; \infty)$

$$Q_5 > \left[ A - \frac{Q_2}{(1+r)^2} - \frac{Q_3}{(1+r)^3} - \frac{Q_4}{(1+r)^4} \right] (1+r)^5$$

$Q_5 > -17\,972\,940$ . puede variar en el intervalo  $(-17\,972\,940; \infty)$

Variación de k:  $k=45\%$ , por lo tanto mientras k se mantenga dentro del intervalo  $(0; 0.45)$  la decisión de aceptar la inversión sigue siendo la óptima.

**Tabla 5. 6.:** Resultado del análisis de sensibilidad para cada alternativa. Método tradicional.

Variables	Intervalo de variación / Alternativas			
	1.1	1.2	2.1	2.2
A	(0;31 706 713)	(0;8 531 524)	(0;33 730 433)	(0;12 345 868)
Q2	(-19 516 924; $\infty$ )	(3 526 544; $\infty$ )	(-21 451 891; $\infty$ )	(-527 128; $\infty$ )
Q3	(-17 454 980; $\infty$ )	(5 403 926; $\infty$ )	(-19 449 080; $\infty$ )	(1 215 383; $\infty$ )
Q4	(-14 959 532; $\infty$ )	(8 985 622; $\infty$ )	(-17 099 089; $\infty$ )	(5 441 098; $\infty$ )
Q5	(-17 972 940; $\infty$ )	(9 366 431; $\infty$ )	(-20 408 790; $\infty$ )	(5 262 311; $\infty$ )
K	(0; 0.45)	(0;0.05)	(0;0.49)	(0;0.13)

### Modelo unidimensional, alternativa 1.1.

Según el flujo de caja correspondiente a la alternativa, el VAN es igual \$ 20 581 983, a una tasa de descuento de 10%. La sensibilización se realizará sobre dos variables: el precio de venta del acetal y la cantidad por ser las variables respecto a las cuales existe fuerte incertidumbre y porque un cambio en sus valores puede provocar un cambio en el resultado de la rentabilidad del proyecto.

El primer paso de la sensibilización es calcular el valor actual de cada partida del flujo de caja. Como se podrá observar en la tabla siguiente, la suma de todos los valores actuales debe coincidir con el VAN.

El segundo paso es igualar el VAN a cero y partiendo a la inversa, determinar cual es el valor de la utilidad antes de impuesto que hace que se cumpla esa condición y, por último, determinar el valor actual de los ingresos que determina que ésa sea la utilidad antes de impuesto.

Si a un precio de \$ 2 662.37 el valor actual de los ingresos era \$ 91 578 202, el precio que determina que ese valor sea ahora de \$ 65 200 929 es \$ 1 895.52.

Es decir, el precio podría caer a \$ 1 895.52 y todavía el inversionista obtendría el 10% exigido a la inversión.

Para la sensibilización de la cantidad se procederá de igual forma, aunque en esta oportunidad al aparecer la incógnita que se busca en dos partidas, se agruparan dichas partidas en una sola, es decir, la diferencia entre los ingresos y los costos variables se agrupa en al partida margen de contribución.

Si para una cantidad de 5 940 t/a el valor actual del margen de contribución era de \$ 44 335 811, para un margen de \$ 17 958 538, la cantidad mínima que se obtiene es **2 406 t/a**.

Como puede apreciarse, el inversionista dispone mediante la aplicación de este método de una clara y valiosa información acerca de la variabilidad máxima que puede resistir el precio y la cantidad. La decisión de ejecutar el proyecto la tomará si él estima que ambas variables no podrán caer hasta el valor calculado.

**Tabla 5.7.:** Resultado del análisis de sensibilidad para cada alternativa.  
Método unidimensional

Variables	Alternativas		
	1.1	2.1	2.2
Precio de venta (\$)	2 662.37 - 1 895.52	2 662.37 - 1 189	792.37 - 753.52
Cantidad demandada (t/a)	5 940 - 2 406	5 940 - 2 272	5 940 - 5 035

## Conclusiones

La producción de acetaldehído y acetal en un esquema tecnológico al combinar CAI-Destilería-Torula, permite una rápida multiplicación del valor agregado del producto.

Las alternativas 1.1, 2.1 y 2.2, muestran resultados favorables en el resultado de los indicadores: VAN, TIR y PRD; presentando la alternativa 2.1 los valores superiores.

La conducta racional del inversor le llevará siempre a maximizar la esperanza de ganancia y a minimizar la varianza. La elección de la combinación media-varianza dependerá, en definitiva, de la actitud hacia el riesgo del inversor.

El análisis de sensibilidad permite predecir y acotar la incertidumbre que pueden producir las variables del sistema y disminuir en cierta medida el riesgo de la inversión. La aplicación de este análisis al precio de venta y la cantidad demandada resulta de gran importancia por la novedad del producto en el mercado.

## Referencias bibliográficas

Laborde; M. A.; Abello M. C., Acevedo Duarte L.; Aguirre P.; Amadeo N. E., Gonzalez Suarez E.; Gutiérrez Ortiz M. A.; Rodrigues A.; Sastre de Andrés E.; Sedrán U.; Sergio M.

Producción de Acetal a partir de bioetanol. Ediciones CYTED, ISBN: 950-9898-04-X; Bs.As, 2003.

Lauchy, A.; Llanes López C., González Suárez E.; Machado J.

La incertidumbre económica en las inversiones de plantas químicas a partir de biomasa /57. Centro Azúcar 1, 2003. Centro Azúcar 1, 2003. ISSN: 0253-5777.

Lauchy Sañudo, A.

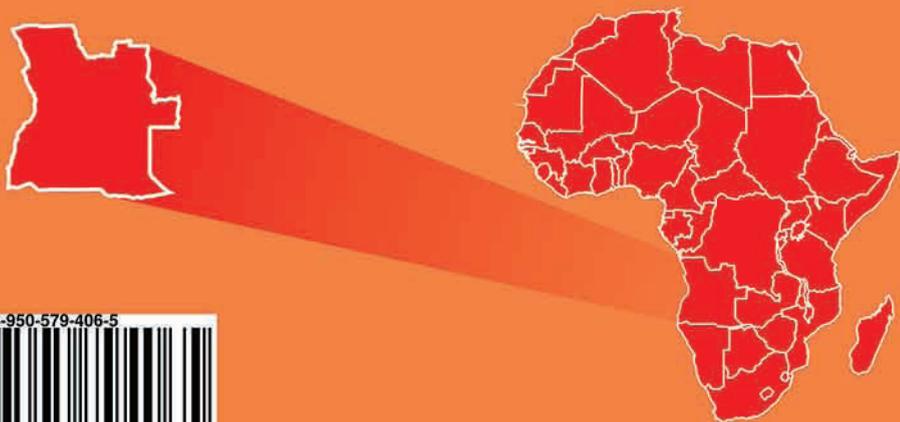
“Diseño y aplicación de un procedimiento estratégico para la diversificación de la industria de los derivados de la caña de azúcar en Cuba”. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Económicas; UCLV, 2009.

Sigma Cell Culture Reagents. Catalogue pricelist /U.S.A/1991



El desarrollo competitivo de las empresas de la industria química y fermentativa de Angola, contienen un nivel de riesgo que podrá disminuirse en la medida que se despeje la incertidumbre en cualquiera de sus manifestaciones. Por ello es conveniente considerar los siguientes aspectos estratégicos de colaboración de la comunidad científica sur-sur, tales como:

1. La gestión de conocimientos e industrialización.
2. La prospectiva tecnológica para el desarrollo sostenible y ambientalmente compatible.
3. Las vías para la terminación y transferencias de tecnologías a través de la colaboración internacional.
4. Los estudios previos inversionistas en la gestión de negocios para el desarrollo industrial.
5. El riesgo y la incertidumbre en la evaluación de inversiones para instalaciones industriales.



ISBN 978-950-579-406-5



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MISIONES

[www.editorial.unam.edu.ar](http://www.editorial.unam.edu.ar)



LIBRO  
UNIVERSITARIO  
ARGENTINO

