

# ACCIONES PARA LA CORRECTA TERMINACIÓN Y VALORACIÓN DE RESULTADOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y FERMENTATIVA

ERENIO GONZÁLEZ SUAREZ

JUAN ESTEBAN MIÑO VALDÉS



EDITORIAL UNIVERSITARIA



**ACCIONES PARA LA CORRECTA  
TERMINACIÓN Y VALORACIÓN DE  
RESULTADOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y  
FERMENTATIVA**

JUAN ESTEBAN MIÑO VALDÉS

ERENIO GONZÁLEZ SUAREZ

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



**ACCIONES PARA LA CORRECTA  
TERMINACIÓN Y VALORACIÓN DE  
RESULTADOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y  
FERMENTATIVA**

JUAN ESTEBAN MIÑO VALDÉS

ERENIO GONZÁLEZ SUAREZ

EDICIONES ESPECIALES

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Cnel. José Félix Bogado 2160  
Posadas - Misiones - Tel-Fax: (0376) 4428601

*Correo electrónico:*  
ventas@editorial.unam.edu.ar

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

Colección: Ediciones Especiales  
Coordinación de la edición: Claudio O. Zalazar  
Armado de interiores: Javier B. Giménez  
Revisión técnica: Juan Esteban Miño Valdés

González Suárez Erenio / Miño Valdés, Juan Esteban  
Acciones para la correcta terminación y valoración de resultados en la industria  
química y fermentativa /. - 1a ed. edición especial. - Posadas: EdUNaM - Edi-  
torial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, 2015.  
90 p.; 225 x 155 cm.  
ISBN 978-950-579-379-2  
1. Acceso a la Educación. 2. Ciencia. 3. Tecnología. I. Título.  
CDD 370

Hecho el depósito de la Ley N° 11.723  
Impreso en Argentina  
ISBN: 978-950-579-379-2  
©Editorial Universitaria  
Universidad Nacional de Misiones, Posadas, 2015.  
Todos los derechos reservados para la primera edición.

## AUTORES

### **Concepción Toledo Diana Niurka**

(dianac@uclv.edu.cu).

Licenciada en Educación, Máster en Gerencia de la Ciencia y la Innovación, Doctora en Ciencias de la Educación. Profesora Auxiliar, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

### **González Suárez Erenio**

(erenio@uclv.edu.cu).

Ingeniero Químico. Doctor en Ciencias Técnicas, Doctor en Ciencias. Posdoctorado en Gestión Ambiental y Seguridad Industrial. Profesor e Investigador Titular. Profesor Consultante. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba. Miembro de Mérito de la Academia de Ciencias de Cuba. Premio Nacional de Ingeniería Química de la Asociación de Química de Cuba, en el año 2013.

### **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 Alimentos, Doctor en Ciencias Técnicas. Posdoctorante en Gestión de Ciencias e Innovación Tecnológica. Profesor Adjunto, Investigador, Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

### **Pedraza Garciga Julio**

(juliop@uclv.edu.cu)

Ingeniero Químico. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Villa Clara, Cuba.

### **Pérez Martínez Amaury**

(amaury.perez@reduc.edu.cu).

Ingeniero Químico. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte”. Camagüey, Cuba.

### **Rabassa Olazabal Glenia**

(glenia.rabassa@)reduc.edu.cu).

Ingeniera Química. Máster en Ciencias. Profesora Auxiliar. Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Química, Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte”. Camagüey, Cuba.



# ÍNDICE

IPRESENTACIÓN.....	11
--------------------	----

## CAPÍTULO I

EL CONOCIMIENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL .....	13
Introducción .....	13
El conocimiento científico y su inserción en la práctica .....	15
La incorporación de la ciencia y la tecnología en la industria química... ..	17
La innovación tecnológica como proceso de acumulación de conocimientos y los factores que inciden para su introducción en la práctica .....	19
Vías para desarrollar las acciones de definición y asimilación de las tecnologías previstas .....	22
Conclusiones .....	24
Referencias bibliográficas.....	25

## CAPITULO II

CONTRIBUCIÓN A LA INGENIERIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUÍMICOS Y BIOTECNOLÓGICOS .....	29
Introducción .....	29
Los problemas de incertidumbre .....	30
Escalado de procesos químicos.....	37
Principios básicos del escalado de procesos químicos y biotecnológicos .....	42
Métodos de escalado de procesos químicos .....	43
Métodos de escalado de procesos bioquímicos .....	46

Semejanzas y diferencias en los métodos de escalado de procesos químicos con fluidos newtonianos y no newtonianos.....	47
Métodos de escalado de procesos químicos y bioquímicos .....	48
Métodos para atacar la incertidumbre en los procesos de escalado y diseño en la industria química .....	51
Conclusiones.....	56
Referencias bibliográficas.....	56

### CAPITULO III

CONTRIBUCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN PARA OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y FERMENTATIVA.....	61
Introducción .....	61
Las oportunidades de negocios en la industria química y fermentativa...	62
Fundamentación del procedimiento para la formulación y evaluación de oportunidades de negocios en la industria química y fermentativa.....	64
Estudios de nuevas oportunidades de negocios .....	68
Crítica a los procedimientos disponibles de evaluación de inversiones para nuevas oportunidades de negocios.....	73
Análisis de los aportes de la comunidad científicas .....	77
Propuesta de procedimiento para incrementar las posibilidades de evaluación y seguimiento de oportunidades de negocios .....	78
Conclusiones .....	83
Referencias bibliográficas .....	83

## PRESENTACIÓN

La solución de muchos problemas del desarrollo exigen una revolución tecnológica, que optimice la utilización de los recursos disponibles y determinar no solo qué hacer, sino cómo hacerlo, pues como se ha dicho, lo que distinguen la épocas económicas una de otras, no es lo qué se hace, sino el cómo se hace.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología ha creado nuevas tecnologías de conversión de productos naturales y biomasa, más avanzadas y eficientes que hacen posible actualmente obtener productos químicos, a partir de nuevos materiales, residuos y subproductos, sin embargo, en muchas ocasiones los resultados de la Ciencia no se presentan en forma apropiada de tecnologías viables y como se conoce, un resultado científico, sin una tecnología acabada es solo una curiosidad técnica, por lo que se requiere trabajar en la adecuada terminación y valoración de los resultados para cerrar el ciclo de las investigaciones en la industria química.

El uso de estas fuentes 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 internacionalmente, siendo también un requerimiento del desarrollo de los procesos que utilizan las diferentes fuentes de materias primas y energía crear una capacidad adecuada de asimilación, transferencia y creación de tecnologías.

Debido a ello, es necesaria la búsqueda de acciones de gestión de conocimiento, Ingenierización de las investigaciones y valoración de los resultados tecnológicos que viabilicen la introducción eficiente y eficaz de estos procesos tecnológicos, de acuerdo a las condicionantes de cada país, teniendo las universidades y los centros de investigación un papel fundamental en esta problemática.

Por los aspectos anteriores, y fruto de la experiencia acumulada, se presentan las Acciones para la correcta terminación y valoración de resultados en la Industria Química y fermentativa.

*Dr.Cs.Erenio González Suárez*

*Dr.C. Juan Esteban Miño Valdés*

## CAPÍTULO I

### EL CONOCIMIENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

*Diana Niurka Concepción Toledo;*

*Erenio González Suárez;*

*Juan Esteban Miño Valdés*

#### INTRODUCCIÓN

Con la llegada del siglo XXI, se refuerza el pronóstico de muchos especialistas acerca del creciente valor estratégico del conocimiento. Los sucesivos cambios que se presentan en el orden científico, tecnológico, económico y social, aspecto que caracterizan el proceso de globalización en que se desenvuelve la sociedad, condiciona a que el empleo del conocimiento sea un factor influyente en el nuevo paradigma de la actividad científico-tecnológica.

Para muchos, la práctica del conocimiento en función de lograr avances en el campo de la ciencia y la tecnología, concernía exclusivamente al campo académico en su formulación de teorías y en otros casos a la labor científica de laboratorios de investigación insertos a grandes empresas con reconocida competitividad en el mercado, gracias al posicionamiento de sus producciones y servicios. Por otra parte, una gran parte del arsenal del conocimiento científico se ha concentrado a lo largo del devenir histórico en manos de un reducido grupo de países desarrollados, elemento que les ha asegurado el control económico, tecnológico y militar.

Son varias las ventajas que conducen a reconocer el creciente valor del conocimiento para el futuro de las economías. Al respecto, Alvin Toffler (1990), declara que “(...) dado a que reduce las necesidades de materia prima, fuerza de trabajo, tiempo, espacio y capital, el conocimiento se vuelve el recurso estratégico central en las economías avanzadas”. En análisis desarrollados con posterioridad por Peter Drucker (1994), arribó a la conclusión que “Las indus-

trias que en los últimos 40 años han pasado a ocupar el centro de la economía son aquellas cuyo negocio es la producción y la distribución de conocimiento, y no la producción y distribución de objetos”. De esta manera reconocen ambos autores que el conocimiento se consolida como recurso estratégico y esencial en el desarrollo económico y avizoran así la necesidad de orientar la actividad de las diferentes ramas hacia la búsqueda del conocimiento y su inserción en cada uno de los procesos en que se desenvuelven.

Las industrias requieren desarrollar vertiginosamente un proceso innovativo en sus procesos tecnológicos que eleven su competitividad y permitan colocar los productos tradicionales y nuevos con la calidad requerida para su comercialización internacional, pero esto no será posible si no se asimilan nuevas tecnologías productos del conocimiento más acabado del mundo en que vivimos.

La sociedad postindustrial alude esencialmente a la terciarización de la economía, la sociedad de la información y el conocimiento, lo que apertura la creación de valor dentro de la sociedad postindustrial. En consonancia con este criterio, Husson (2004) declara que “aparece una nueva manifestación del capital: la “cognitiva” pues su capacidad de crear más capital está relacionada con la movilización de actividades humanas mediante información y conocimiento; éstos se convierten en una nueva dimensión del fenómeno laboral que debe ser movilizad y controlada por el trabajador mismo, mediante nuevos y constantes procesos de aprendizaje y de aplicación que condiciona cadenas de valor. El proceso humano que se ha transformado profundamente es el modo de conocer la cantidad y tipos de conocimientos que requieren las personas para sus interacciones sociales y económicas.

Sin embargo, la realidad ha confirmado que para que la sociedad en cualquiera de sus esferas se pueda beneficiar de los resultados que emanen del trabajo científico, a partir de encontrar la utilidad práctica de los conocimientos en función de satisfacer sus demandas en todos los órdenes, era de vital importancia la creación de vías que garanticen la conducción consciente hacia la conexión de los resultados científicos y quienes los demanden, pues como afirma Lage, (2013) , estos no pueden dejarse en mano de mecanismos ciegos.

El progreso y la soberanía tecnológica de todos los países y fundamentalmente, en aquellos que aspiran a elevar los niveles de desarrollo social, requieren de manera urgente, la incorporación de la ciencia y la innovación tecnológica al contexto productivo, debiendo diseñar y utilizar estrategias tecnológicas basadas en el conocimiento. Este fin se convierte en un enorme reto.

## EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y SU INSERCIÓN EN LA PRÁCTICA

La ciencia actual es simultáneamente un sistema de conocimientos en desarrollo, en forma de actividad social además de institución social específica. Sus funciones dependerán de las necesidades que ella satisfaga respondiendo así a dos objetivos fundamentales: por una parte el referido al efecto multiplicador del saber científico y de otra, la valoración de las vías para su incorporación a la práctica social.

La primera de estas funciones dado por su carácter cognoscitivo, responde a la evolución del saber teniendo como punto de partida las demandas que se manifiestan en la sociedad y lo convierten en problemas científicos a resolver a lo que se le adiciona revelar los resultados obtenidos para hacerlo extensivo a quienes lo requieran, en lo que deriva el aspecto práctico, radica en su incorporación a la tecnología, en la que se integran armónicamente la ciencia y la tecnología para su empleo en fines específicos.

Tanto es así, que en la orientación hacia objetivos prácticos, en aras de fomentar el desarrollo tecnológico y avanzar en la innovación, se distingue como rasgo esencial de la ciencia la interdependencia de la actividad práctica y el conocimiento científico, donde cada vez más se diluyen los límites entre la ciencia y la tecnología. Al respecto Medina (1995) reflexiona que el término tecnociencia es precisamente un recurso del lenguaje para denotar la íntima conexión entre la ciencia y tecnología y el desdibujamiento de sus límites.

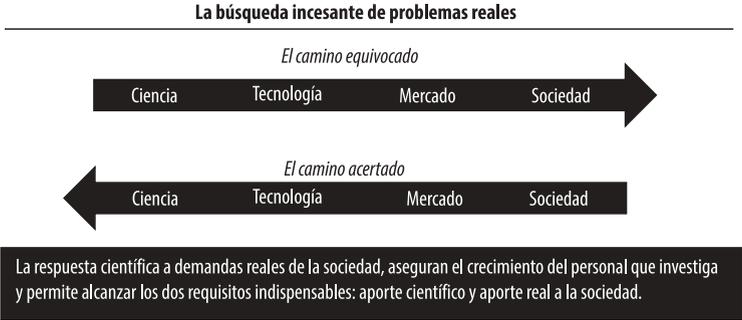
En esta interacción desempeñan un rol importante las comunidades científicas que al constituirse por sujetos de disímiles áreas del conocimiento encuentran el terreno propicio para el intercambio de saberes, teorías, métodos, valores al establecer la interconexión entre el conocimiento científico y tecnológico, a partir de un elemento común: la búsqueda de soluciones a una demanda específica, donde se rebasan los marcos institucionales y las normativas relevantes dependen de ellos al fundirse las posturas asumidas en el campo donde se han desarrollado históricamente con las del contexto que se analiza. Este aspecto es acotado por Barnes y Dolby (1995), al demostrar que los científicos académicos que van a la industria adoptan rápidamente un punto de vista instrumental y una mentalidad de negocios. Este criterio rompe con el paradigma de enfoque de la ciencia como un sistema cerrado, invariable y poco dependiente del exterior.

En cuanto a los modos en que se produce el conocimiento y consecuentemente con los criterios hasta aquí expresados, Gibbons et al. (1997) abordan el “modo 2” de producción de conocimientos y reconocen que designa cambios en la práctica científica y su relación con la sociedad. Se basa en un conocimiento producido en el contexto de aplicación, que tiene la intención de satis-

facen un interés práctico para la búsqueda de soluciones a problemas definidos en el contexto determinado.

En este modelo se hace referencia a la apropiación social del conocimiento, “conocimiento socialmente distribuido” y “socialmente reflexivo” que convoca a un viraje conceptual respecto a la forma tradicional (“modo 1”) en el que se conciben la producción de conocimientos desvinculada de objetivos prácticos por lo que no se corresponde con las exigencias del mundo actual. Siguiendo el criterio de estos autores, el nuevo modo de producción de conocimiento afecta no solo a qué conocimiento se produce, sino también a cómo se produce, el contexto en el que se persigue, la forma en que se organiza, el sistema de recompensas que utiliza y los mecanismos que controlan la calidad de aquello que se produce.

La figura 1.1 muestra el camino acertado a seguir en el proceso de producción de conocimientos: la búsqueda incesante a la solución de problemas que demanda la sociedad (Cunningham;1997).



**Figura 1.1.:** El camino acertado en el proceso de producción de conocimientos

Se concluye que el conocimiento se asocia a la actividad interactiva de los individuos hacia la búsqueda de solución ante una problemática dada, en influenciada por el contexto social y cultural en el cual surge y que la validación del conocimiento que se obtiene debe ser relacionada con los marcos institucionales donde se produce, puesto al criterio de otros sujetos, al análisis colectivo, sus interacciones, conflictos y juicios alrededor del tema que pueden validar este conocimiento.

## **LA INCORPORACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA**

De la misma forma en que el mundo plantea cambios permanentes en todos los aspectos, es obvio que las organizaciones empresariales tienden a fortalecer su capacidad de posicionamiento ante el medio. Ellas reconocen la importancia de determinar qué es lo que saben, qué es lo que necesitan y cómo hacer el mejor uso del conocimiento de que disponen.

Su aplicación no solo incrementa su competitividad, sino que eleva los niveles de motivación de sus miembros para mantener la dinámica, en un entorno necesitado de estructuras flexibles capaces de dar respuestas rápidas, rasgo esencial de las instituciones innovadoras actuales.

El proceso de innovación entendido como la integración de conocimientos nuevos y de otros existentes para crear un nuevo o mejorado producto, proceso, sistema o servicio; es una combinación de necesidades sociales y de demandas de mercado con los medios científicos y tecnológicos para satisfacerlo, que incluye, por tanto, actividades científicas, tecnológicas, financieras y comerciales. (Sáenz, 1999)

Se reconoce de esta manera que la innovación tecnológica no solo incluye los aspectos tecnológicos sino que ella lleva implícita una elevada cuota de vínculo con las demandas sociales, a tal punto que constituyen el punto de partida y retorno de este proceso, pues deberá responder a ellas y satisfacerlas para alcanzar el éxito esperado en su concepción.

En el caso específico de la industria de procesos químicos la introducción de las innovaciones tecnológicas, de acuerdo al criterio de González (2005), está vinculada al desarrollo de las operaciones unitarias y la ingeniería de las reacciones químicas, pues como se conoce, las etapas claves de todo proceso de la industria química son las etapas de separación y transformación de las materias primas.

En la medida en que en ella se logre incorporar un mayor número de innovaciones podrá ampliar cada vez más sus posibilidades en el mercado, satisfacer las demandas internas y externas, alcanzar un posicionamiento competitivo, presentar productos diferenciados e innovadores a los consumidores y encontrar mejoras en las condiciones de vida de las personas que conviven en las áreas circunscriptas a ella, por el impacto que tiene, desde el punto de vista cultural y social y para el desarrollo local.

La incorporación de la ciencia y la tecnología de forma intensiva a los procesos de producción, innovación, adaptación y cambio en los procesos productivos que en ella se desarrollan, constituyen un elemento que puede contribuir a su desarrollo exitoso.

El empleo del conocimiento con una visión estratégica en el contexto de esta industria es la misión fundamental de la comunidad científica. Para conseguir este fin, es importante lograr un compromiso e identificación con las necesidades y aspiraciones de esta industria así como el reconocimiento y la debida atención a esta prioridad por parte de los gobiernos.

Gran relevancia posee el acercamiento de esta industria a los centros de generación de conocimientos y muy especialmente considerar el conocimiento que se produce en la universidad a través del desarrollo de sus procesos sustantivos: docencia, investigación y extensión universitaria, que le permite situarse en el estado actual de evolución de las ciencias, el avance tecnológico y las demandas de la sociedad.

Para la universidad, también esta vinculación resulta ventajosa y juega un papel muy importante, no solo por el tema de la formación de los recursos humanos sino también buscando una mayor integración entre los centros de educación superior y el sector productivo, que es digamos lo más difícil de lograr. Es indiscutible que la formación universitaria en medio de un contexto investigativo con estrechos vínculos con el sector productivo es mucho más integrador e interdisciplinario que aquel que se desarrolla en un contexto puramente académico.

En el contexto de la industria química resulta necesario alcanzar un equilibrio entre el trabajo de Ingenierización y el trabajo de investigación, porque aunque sus objetivos no son los mismos, el primero se orienta hacia la utilización de los conocimientos ya establecidos para la búsqueda de soluciones técnicas y económicas a problemas que se generan en su radio de acción, mientras que el segundo se encamina hacia nuevos conocimientos a través del empleo de métodos científicos de observación, experimentación, se requiere de una estrecha interacción entre investigadores e ingenieros y especialistas de esta industria.

No obstante, para lograr el desarrollo a partir de la incorporación intensiva del conocimiento a la ciencia y la tecnología en la industria química, no solo será posible a partir de lo que sea capaz de producir sino también de lo que sea capaz de asimilar. Para esto se requieren desarrollar alianzas tecnológicas, estrategias innovadoras para concebir nuevos productos y la ejecución de proyectos de innovación integrados a la demandas de esta industria con una mentalidad abierta para la cooperación, para dar y recibir.

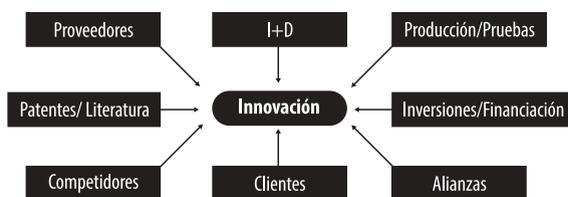
Funciones como la vigilancia tecnológica y la prospectiva tecnológica servirán para prevenir las amenazas *tecnológicas* y preparar a esta industria para anticiparse a los cambios tecnológicos que se produzcan. Una buena gestión de los laboratorios de I + D o de las relaciones con universidades o centros

públicos de investigación le permitirán a generar o asimilar tecnologías de una forma eficiente.

El reconocimiento de la imposibilidad actual de ser tecnológicamente autosuficiente obliga a la industria química a conocer los procesos por los que se rigen la transferencia y la protección de la tecnología a nivel internacional, así como las formas más comunes en las que, tanto la transferencia como la protección, se materializan.

## LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO PROCESO DE ACUMULACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y LOS FACTORES QUE INCIDEN PARA SU INTRODUCCIÓN EN LA PRÁCTICA

La figura 1.2 muestra la innovación tecnológica como un proceso de acumulación de conocimientos e ilustra la importancia del aprendizaje y la incidencia de los factores tanto internos como externos en el éxito de la introducción de la innovación tecnológica.



**Figura 1.2.:** La innovación como un proceso de acumulación de conocimientos

Se identifican como elementos que se incorporan a la innovación los conocimientos científicos y tácitos o empíricos que se atesoran en la organización y los que se asimilan a través de alianzas con los centros de generación de conocimientos, las habilidades, experiencia y las forma de organización que asumen para producir, distribuir y utilizar los conocimientos, la asimilación de éxitos y fracasos de tecnologías anteriores, el apoyo de la literatura y la base de patentes, así como el criterio de competidores, proveedores y clientes.

Por tanto se asume que a las innovaciones tecnológicas no se accede exclusivamente por la vía del empleo del método científico o por la aplicación de los resultados previos de investigaciones científicas, sino que de igual forma se toman otras vías para crear y adaptar los conocimientos acumulados de numerosos y diversificados actores que se concretan con la puesta en práctica de experiencias que se nutren de tres fuentes fundamentales: el conocimiento científico, el quehacer tecnológico y de la práctica concreta.

A mediados de la década de los setenta se comenzó a prestar especial atención a la incorporación de la innovación tecnológica dentro de las organizaciones, siendo Freeman el primer investigador que, en un estudio ya clásico sobre “clases de innovaciones” realizadas por empresas, trató de identificar factores de éxito o fracaso.

Además de estos factores de éxito, Cooper (1979) había identificado con anterioridad tres variables específicas que son relevantes para conseguir el éxito:

- La naturaleza del producto, es decir, su especificidad y atractivo para el consumidor.
- La naturaleza del mercado, es decir, sus tasas de crecimiento, tamaño y orientación de necesidades.
- La consecución de sinergias entre el nuevo producto y los productos existentes.

Esta última variable hace referencia explícita a la importancia de acumular conocimientos, así como explicitarlos y documentarlos dentro de la empresa. Por ello, la innovación debe ser interpretada en el contexto de un proceso de acumulación de capacidades específicas y competencias distintivas (Maidique y Zirger, 1985).

Posteriormente, otros autores como Rothwell (1994) identificaron los siguientes factores de éxito para una gestión eficaz de la innovación:

- Establecer buenos canales de comunicación tanto internos como externos, pues resulta imprescindible la obtención de información (know-how) procedente de fuentes científicas y tecnológicas para la generación de ideas.
- Integrar la innovación a nivel corporativo, involucrando a todas las áreas funcionales de la organización.
- Implantar procesos de planificación y de control de proyectos.
- Implantar procedimientos de control de calidad y de eficiencia en el desarrollo de tareas.
- Fuerte orientación al mercado, prestando especial énfasis en la satisfacción de necesidades del consumidor e involucrar a éste en el proceso de desarrollo del producto.
- Proporcionar un buen servicio de atención al cliente, incluyendo cursos de formación si es necesario.
- Desarrollar un estilo específico de dirección basado en la dinamicidad, liderazgo, motivación y el compromiso con el desarrollo del capital humano de la organización.

Los factores de éxito analizados anteriormente constituyen los factores básicos para desarrollar con éxito el proceso de innovación. No obstante, dentro del actual proceso de gestión de la innovación tecnológica en red se han identificado un conjunto de factores tecnológicos, organizativos y de gestión que contribuyen de forma específica a impulsar la eficiencia del proceso innovador. Estos factores críticos son los siguientes:

- Total apoyo de la dirección desde el comienzo del proceso, pues pueden originarse cambios que tengan un elevado coste.
- Adoptar un estilo de gestión horizontal delegando un mayor nivel de decisión y de control en los trabajadores, lo que reducirá el factor retardo.
- Conseguir una adecuada preparación del capital humano, incluyendo su nivel de responsabilidad y compromiso con la empresa. Crear grupos multidisciplinares y multifuncionales para el desarrollo de nuevos productos. Su continua interacción es esencial cuando se llevan a cabo otras actividades paralelas (Clark y Fujimoto, 1991).
- Utilizar sistemas ofimáticos para conseguir una eficiente comunicación a nivel interno y externo (proveedores, empresas colaboradoras), y compartir la información.
- Actualizar con frecuencia la información de las bases de datos y acceder a fuentes de conocimiento externas, lo que reducirá los costes y tiempos necesarios para desarrollar un producto.
- Estrechar la cooperación con las empresas colaboradoras, haciéndolas participar en el proceso de gestión de la innovación. Dichas empresas deben ser consideradas como partes integrantes del proceso.
- Involucrar a los clientes más especializados en el proceso de diseño de productos o servicios.
- Especificar los nuevos productos con el mayor nivel de calidad inicial, lo que evitará cambios no planificados durante su desarrollo (Gupta, Raj y Wilemon, 1990).
- Estar comprometidos con una política de calidad total.
- Establecer acuerdos de cooperación tecnológica a nivel horizontal cuando sea conveniente.
- Identificar actividades que por su carácter menos estratégico puedan ser desarrolladas por otras empresas con un mayor nivel de eficiencia y menor coste. Para realizar este cometido es necesario evaluar dos factores específicos: el nivel de competencia de la organización en dicha actividad y el nivel de contribución de la misma al objetivo estratégico de la empresa.

## **VÍAS PARA DESARROLLAR LAS ACCIONES DE DEFINICIÓN Y ASIMILACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PREVISTAS**

Aunque los problemas de incertidumbre en el desarrollo de la industria de proceso químicos fueron ordenados en cuatro direcciones, (Rudd-Watson; 1968) y después extendidos también a los procesos de las industrias fermentativas y farmacéuticas (González; 2015), a saber:

- Incertidumbre de los datos de diseño de los equipos.
- La consideración de las fallas operacionales de los equipos.
- Las variaciones en el entorno en el diseño y operación.
- El mejor ajuste del diseño de un proceso a los cambios futuros.

Es indudable que un aspecto de gran incidencia cuando se gestiona el conocimiento sobre una nueva tecnología es la incertidumbre en los parámetros de diseño de los equipos.

Aquí un papel importante lo pueden jugar las alianzas estratégicas entre universidades y empresas, para ello no podemos olvidar que: “Las universidades del siglo XXI operan en un entorno abierto, donde está creciendo la competición en los ámbitos de la creación, adquisición y transferencia de conocimientos a través del desarrollo de actividades de formación, de investigación y el establecimiento de sinergias competitivas con empresas de base tecnológica (Castro Díaz – Balart, F. 2003), lo que deberá ser aprovechado en los procesos de asimilación de nuevas tecnologías.

Para lograr esta sinergia entre las universidades y las empresas deben aprovecharse las posibilidades de desarrollo mutuo que brinda el trabajo colaborativo a través de proyectos sur sur (González y Miño; 2013).

La asimilación de una nueva tecnología requiere la evaluación de la tecnología en el menor tiempo posible. Una tarea de tal magnitud requiere de criterios y métodos de evaluación. A la hora de evaluar tecnologías los inversionistas se plantean preguntas que favorecen el proceso de selección de la mejor tecnología, que no siempre pueden ser respondidas de la información técnica disponible, aun más, en los caso que por acciones de Vigilancia Tecnológica y con una visión prospectiva se avizoran oportunidades de tecnologías emergentes, en muchos casos sin un completo desarrollo, se requiere estará atentos a cuestiones de gran interés.

Los resultados del trabajo de desarrollo tecnológico para ser llevados a escala industrial deben pasar necesariamente por las etapas de ingeniería de proyectos y de diseño del producto.

Aquí se combinan el trabajo de investigación aplicada y el de ingeniería.

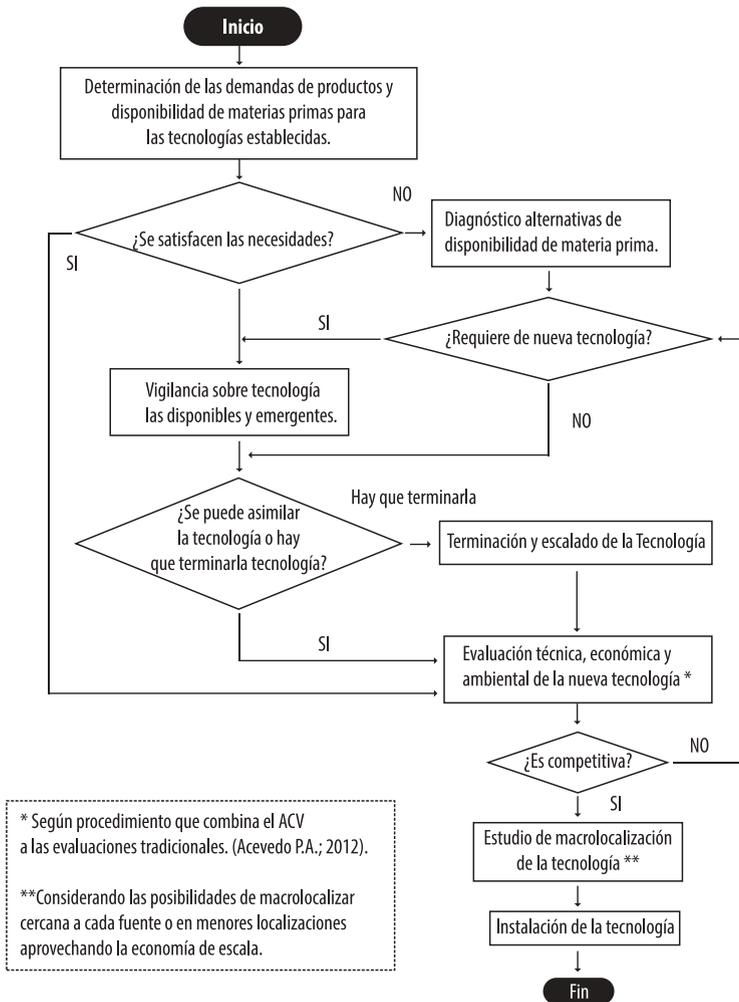
En el primero, el objetivo es la búsqueda de nuevos conocimientos siguiendo métodos científicos de observación y experimentación.

El efecto de la variación en el estimado utilizado, en los análisis económicos, pueden determinarse realizando los análisis de sensibilidad, estos constituyen estudios para ver de qué manera se alterará la decisión económica si varían ciertos factores. Entre los indicadores más recomendados para la realización de los mismos se encuentran el VAN, la TIR y el PRD.(González y Castro; 2011).

Para completa evaluación que incluya los aspectos ambientales, se ha recomendado para la selección de alternativas tecnológica, la combinación de los métodos tradicionales y la Evaluación de Ciclo de Vida (Acevedo; 2012)

La ejecución de estas tareas se refleja en el Diagrama Heurístico de la figura 1.3.

En el desarrollo de tecnologías se manifiesta la problemática de convertir en términos económicos, de producción y comercialización, los conocimientos adquiridos en las etapas de investigación y desarrollo, enlazados con los conocimientos ya establecidos. Este proceso de interacción de diferentes disciplinas es la ingeniarización, y consiste en garantizar, que desde el laboratorio se tome la ruta adecuada hasta la realización de la nueva tecnología mediante un enfoque técnico económico, y en ello, “es necesario el estudio en Planta Piloto de las etapas fundamentales o auxiliares, para evaluar los factores críticos de la tecnología “(Oliva et al; 2010).



**Figura 1.3.:** Diagrama Heurístico para al análisis de la asimilación de una tecnología (Muto Lubota; 2013).

## CONCLUSIONES

1- El conocimiento concebido como un bien social, podrá alcanzar su máximo valor cuando se edifica en la praxis diaria del individuo y responda a sus necesidades, intereses y actitudes, con los que pueda resolver los problemas específicos de su perfil profesional, justificar las decisiones tomadas y desarrollar una capacidad previsora para elaborar propuestas de alternativas teniendo en cuenta el constante cambio y transformación

de la realidad según el contexto histórico-económico-social en que se desarrolla.

2- El cumplimiento de las funciones de la ciencia se materializan en la práctica concreta a través de la implementación de estrategias para la producción y transmisión de conocimientos y la investigación científica de las que emana una fuerte interacción entre los centros que generan el conocimiento y las entidades productivas que lo demandan, espacio donde encuentra sentido y orientación el conocimiento para la búsqueda de soluciones ante las demandas, necesidades y carencias que ellas expresan.

3- La incorporación del proceso innovador a través del empleo intensivo del conocimiento y la introducción de los resultados de la ciencia en la industria química, permitirá ampliar cada vez más el espectro de sus producciones, alcanzar un mejor posicionamiento en el mercado y lograr una mejor adaptación ante los nuevos cambios tecnológicos que impone el nuevo orden económico y social.

4- El éxito del proceso de innovación tecnológica en la industria química deberá atender a los factores de orden económico, tecnológico, organizativo y social así como las variables específicas que intervienen directamente en la gestión eficaz de este proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo Pabón P.A. (2012)

Herramienta de Análisis de Alternativas de Producción, Incorporando el ACV “Cuna a Cuna” a los métodos tradicionales. Comparación de Biodiesel de Palma e Higuera, Tesis en opción al grado científico de doctor en Ingeniería Química. UIS, Colombia.

Barnes, B. y R.G.A. Dolby (1995)

El ethos científico: un punto de vista divergente”, en sociología de la ciencia y la tecnología, J. M. Iranzo et al. (compiladores), CSIC, Madrid.

Castro Díaz -Balart, F. (2003)

Ciencia Tecnología y Sociedad. Editorial Científico Técnica. Cuba.

Clark, K. B., y Fujimoto, L. (1991)

*Product development performance*, Harvard Business School Press, Massachusetts

- Cooper, R. G. (1979)  
The dimensions of industrial new product success and failure, *Journal of Marketing*, vol. 43.
- Cunningham, R. (1997)  
Análisis y Selección de Oportunidades de Negocio en la Empresa Moderna. Ciencia y Tecnología por un Desarrollo Sostenible, Buenos Aires, Argentina.
- Drucker, P. (1986)  
La innovación y el empresario innovador. Barcelona: Edhasa
- Gibbons, M.; Limoges, C.; Nowothy, H.; Schwartzman, S.; Scott, P.; Trow, M. (1997)  
*La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Pomares-Corregidor
- González, E. (Editor) (2005)  
Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica. Editorial Científico Técnica., La Habana.
- González, E.; Castro, E. (Editores) (2012)  
“Aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar en el concepto de bio-refinería”. Editorial Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo. Jaén, España. ISBN: 978-84-8439-609-3.
- González Suárez, Erenio y Juan Esteban Miño Valdés. (Editores) (2013)  
Estrategia de cooperación internacional entre Universidades del sur. Orientadas a superar las limitaciones económicas de una tecnología. Editorial Universitaria. Universidad Nacional de Misiones. ISBN: 978-950-579-311-2
- Gupta, K.; Raj, S. P., y Wilemon, D. (1990)  
“La relación entre marketing el + D en las empresas de alta tecnología”, en P. Escorsa (ed.): *La gestión de la empresa de alta tecnología*, Ariel, Barcelona.

- Husson, Michel (2004)  
“Sommes nous entrés dans le capitalisme cognitif?”, consultado en: [http://multitudes.samizdat.net/articlephp3?id\\_article=1633](http://multitudes.samizdat.net/articlephp3?id_article=1633)(el 20/04/12).
- Lage, A. (2013)  
La Economía del Conocimiento y el Socialismo. La Habana: Editorial Academia.
- Maidique, M. A., y Zirger, B. J. (1985)  
“The *global*, Addison new product learning cycle”, *Research Policy*, vol. 14.
- Medina, M. (1995)  
Tecnografía de la ciencia, en: *Historia critica*, no. 10, Universidad de los Andes, enero-junio, Santafé de Bogotá.
- Muto Lubota; Diana N. Concepción Toledo; Gilberto Hernández Pérez; Layanis Mesa Garriga; Alina Díaz Curbelo; José Baptista Fernando do Rosario; Inti Gonzalez-Herrera. (2013)  
Colaboración de la comunidad científica sur - sur para usar la biomasa como fuente de productos químicos y energía. Ponencia.Tecnogest. La Habana. Cuba.
- Oliva Conyedo Yaser, Layanis Mesa Garriga, Erenio González, Víctor González Morales (2010)  
Estrategia investigativa para el escalado industrial de una nueva tecnología de obtención de etanol de bagazo de caña de azúcar. 37. *Centro Azúcar* 2 abril –junio/2010.92-100.
- Rothwell, R. (1994)  
“The characteristics of successful innovators and technically progressive firms”, *R&D management*, vol. 7, núm. 3.
- Rudd, D. Watson, C. 1968.  
*Strategy of Process Engineering*, New York, Wiley.
- Sáenz, T. (1999)  
Ingenierización e Innovación tecnológica en: *Tecnología y Sociedad*. La Habana, Editorial Félix Varela.

Toffler, A. (1992)

El cambio de poder. Barcelona: Plaza & Janes Editores S.A.

## CAPÍTULO II

### CONTRIBUCIÓN A LA INGENIERIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUÍMICOS Y BIOTECNOLÓGICOS

*Julio Pedraza Garciga,  
Juan Esteban Miño Valdés;  
Erenio González Suárez*

#### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas del siglo XX e inicios del XXI se ha asistido a una creciente preocupación por el descubrimiento de nuevas tecnologías y por su aplicación a los procesos productivos, de forma que éstos mejoren e incrementen su productividad.

Dentro de las actividades que permiten a la empresa adquirir y generar conocimientos nuevos, las actividades de I+D son las de mayor importancia cualitativa, al representar un mayor aumento relativo de los conocimientos generados en el proceso innovador.

La Investigación científica y desarrollo tecnológico experimental (I+D): Comprende el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones.

El término I+D engloba tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico.

a) Investigación básica, que consiste en trabajos originales, experimentales o teóricos, que se emprenden principalmente con el fin de adquirir nuevos conocimientos sobre el fundamento de los fenómenos y de los hechos observables, sin estar dirigida a una aplicación o utilización determinada. Sus resultados no suelen ser comercializados, sino que usualmente son publicados en revistas científicas o difundidas directamente entre organismos o personas interesadas.

b) Investigación aplicada también consiste en trabajos originales emprendidos con la finalidad de adquirir nuevos conocimientos, pero está dirigida hacia un fin u objetivo práctico determinado. La potencial aplicación de los resultados de la investigación aplicada requiere la realización de trabajos ulteriores, que es lo que se conoce como:

c) El desarrollo tecnológico, que consiste en trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes, obtenidos mediante investigación y/o experiencia práctica, con vistas al lanzamiento de la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos; al establecimiento de nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes.

Por otra parte, a nivel mundial la industria médico farmacéutica y biotecnológica han tenido un desarrollo tan ascendente en los últimos años que ha exigido transferir conocimientos e ideas innovadoras desde la etapa de laboratorio hasta la etapa industrial.

Pero no siempre los resultados obtenidos a escala de laboratorio alcanzan los mismos rendimientos a escala industrial, ya sea por los cambios de escala, o por violar etapas de estudio (etapa de banco, escala de planta piloto), o por no considerar desde el mismo proceso de escalado todas las incertidumbres presentes en el análisis y diseño de procesos químicos y fermentativos.

Por otra parte, la vida útil de un proceso consiste de cinco períodos de tiempo

- 1- Investigación y Diseño,
- 2- Ingeniería,
- 3- Construcción de la Planta,
- 4- Operación en estado estable y
- 5- Desactivación.

## **LOS PROBLEMAS DE INCERTIDUMBRE**

Es de destacar, que las decisiones cruciales sobre los diferentes componentes del proceso deben ser hechas durante los primeros dos períodos de tiempo de la vida útil, de manera que la proyección económica desde la propia concepción del proceso contribuya a lograr un proceso económicamente competitivo.

En la etapa primaria de Investigación y Diseño la predicción de cómo el proceso trabajará podría tener una gran incertidumbre, asociada ésta con el desconocimiento o el conocimiento parcial de los costos de operación y del valor de la inversión de los componentes y subsistemas, debido a que los

costos estimados como base para el diseño son frecuentemente hechos asumiendo que el proceso trabajará a una capacidad y productividad proyectadas, cuestión ésta que puede cumplirse o no. Por otra parte puede darse el caso que las bases científicas e ingenieriles del proceso a diseñar no sean completamente comprendidas, o bien porque la tecnología no ha sido demostrada en una planta piloto o porque aún las etapas del proceso no han sido completamente integradas.

A este desconocimiento parcial o total de las principales variables de un proceso, así como a la variación o fluctuación de las mismas dentro de un rango determinado, ya sea por su carácter aleatorio o por la presencia de errores se le denomina incertidumbre.

La incertidumbre en el análisis de situaciones propias de la industria de procesos está íntimamente vinculada al estudio de los fenómenos de naturaleza aleatoria, así como a procesos en los cuales las principales variables y parámetros del mismo se desconocen de modo general o bien por ser un proceso poco estudiado o porque la información que se dispone es muy escasa y en muchos casos contradictoria por las propias características de la materia prima a utilizar y por el efecto que el entorno ejerce sobre el mismo.

La industria de procesos se caracteriza por numerosas situaciones en que las cuales el comportamiento de los factores involucrados es de naturaleza aleatoria o es factible o conveniente tratarlos como tal.

En general los procesos químicos están sujetos a muchas variaciones (Berryman, y Himmelblau, 1973) tales como:

- En los materiales:
  - en la calidad.
  - el precio.
  - la disponibilidad.
  - la demanda.
  
- En los datos:
  - en las propiedades físicas y térmicas.
  - en la información cinética.
  - en la selectividad.
  - en la eficiencia del equipamiento.
  
- En las condiciones de operación.
  - en los stocks de alimentación a los procesos (flujos y composiciones).
  - en variaciones de las variables de estado.
  - en las condiciones ambientales.

- En el comportamiento del proceso:
  - dinámico.
  - mal funcionamiento o fallo.
  - confiabilidad / ensuciamiento.
  
- En los modelos:
  - ecuaciones de estado (modelos ideales vs. modelos reales).
  - en columnas de destilación (método corto vs. riguroso)
  - en reactores (estequiometría, equilibrio, rendimiento)

Consideraremos, ahora, alguno de estos factores para ilustrar el grado de incertidumbre que pueden introducir:

- El precio de un producto o de las materias primas no es un valor estático sino que varía con la demanda del producto, pero la demanda de un producto o servicio varía con el mercado, todo ello exige estudios de mercado que incluyan técnicas tales como estudios de pronósticos
- Fluctuaciones en la composición de la materia prima: La metalurgia extractiva ofrece un campo en el que, sin excepción, los procesos se encuentran sometidos a cambios periódicos en la composición del mineral de alimentación.
- Comportamiento de factores climáticos: La fabricación de azúcar de caña nos brinda un ejemplo evidentes del proceso dependiente de factores climáticos.

Entre las direcciones fundamentales de trabajo al considerar incertidumbre de los procesos químicos como han señalado Rudd y Watson, 1979 están:

- Los aspectos concernientes con las técnicas de hacer el mejor diseño cuando se desconocen datos para el mismo o existe incertidumbre sobre dichos datos.

Habitualmente, los datos y ecuaciones del diseño se encuentran rodeados por una nube de incertidumbre, gran parte de la cual desaparece tan solo una vez que el sistema se encuentra construido y puede observarse su operación, demasiado tarde para corregir los errores cometidos durante el diseño.

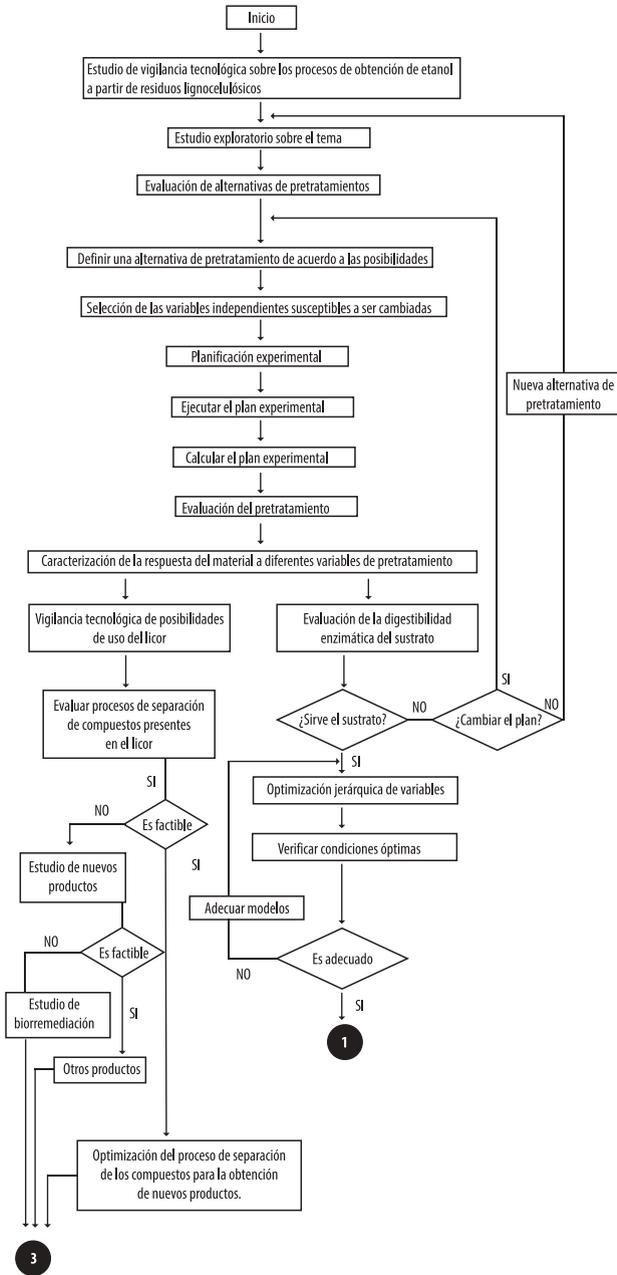
Estas incertidumbres exigen a los ingenieros y diseñadores de procesos a realizar tareas, que van desde los estudios de laboratorio, estudios a planta piloto, hasta llevar la idea inicial a una planta comercial económicamente competitiva, lo que hace que el escalado de procesos químicos y biotecnológicos desempeñe un papel primordial en estos estudios.

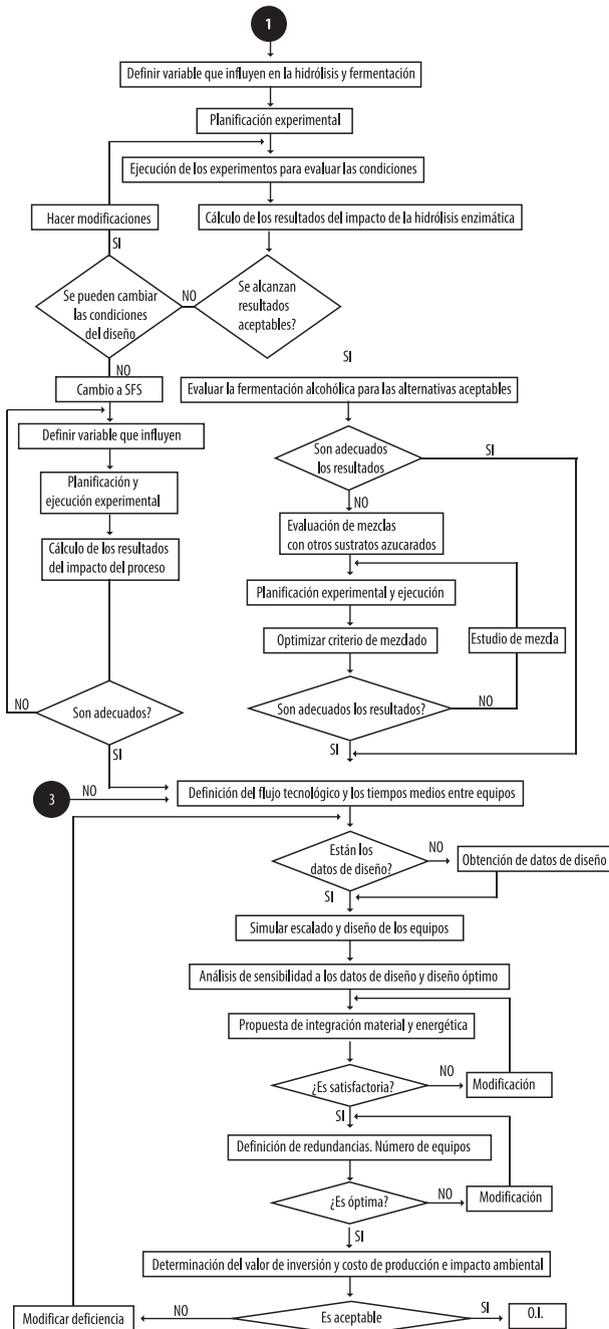
Es conocido, que por un lado, cuando se pretende incrementar los volúmenes de producción desde nivel de laboratorio hasta nivel industrial los procesos empleados no alcanzan el mismo rendimiento con solo incrementar el volumen de los equipos y por otro que en las investigaciones de laboratorio, no siempre se presta atención a determinar propiedades físico químicas, o tiempos de operación que son determinantes en el escalado industrial por lo que se requiere dar pasos para lograr lo que se ha denominado Ingenierización de los procesos químicos y bioquímicos.

Por ello, en el desarrollo de nuevos procesos se requiere una visión anticipadora de los parámetros que se requerirán en la etapa de escalado de los procesos tecnológicos desde escala de laboratorio a Planta Piloto, para una vez despejada la incertidumbre proceder al diseño industrial. Un esfuerzo en esta dirección se plasma en el diagrama heurístico de la Figura 2.1.

En los estudios desde la escala de laboratorio hasta la escala industrial son necesarias las herramientas del escalado de procesos a diferentes volúmenes de producción, usando las técnicas que existen en la literatura para realizar el mismo y así minimizar cualquier incertidumbre en alguna etapa de la puesta a punto del mismo.

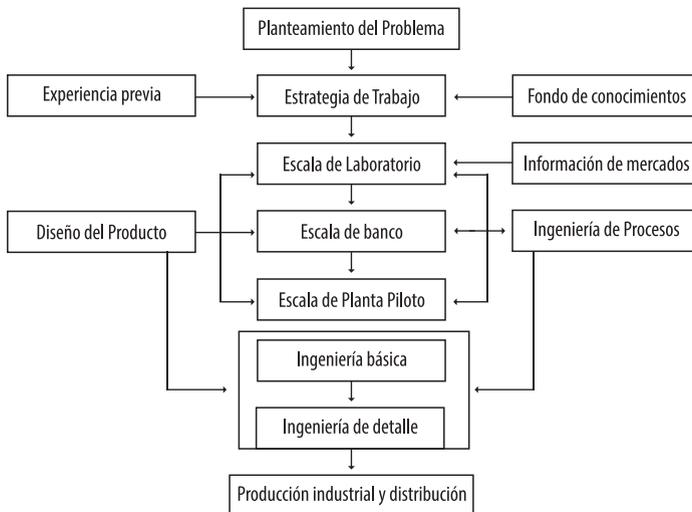
### Diagrama Heurístico





**Figura 2.1.:** Diagrama Heurístico de la investigación para el desarrollo de una tecnología de producción de etanol de bagazo de caña de azúcar (Mesa, 2010)

En este sentido una propuesta de forma de trabajo para el escalado de procesos químicos y biológicos ha sido presentada según el esquema de la figura 2.2.



**FIGURA 2.2.:** Esquema del papel de la I+D y la ingeniería en el desarrollo de tecnologías típicas de productos de tipo químico, biológico (Sáez, 1999).

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente enunciados es que se define la ingeniería como la interacción de los ingenieros de las distintas especialidades (químicos, bioquímicos, mecánicos, eléctricos, industriales, etc.) junto con los investigadores de laboratorio (químicos, bioquímicos, biólogos, médicos, físicos, etc.), desde el inicio mismo del proceso de I+D.

Es por tanto importante en grado sumo la participación de los ingenieros químicos y de procesos, más los ingenieros de muchas ramas afines a la industria, así como el importante papel que desempeñan en estos procesos el concepto de ciclo de vida de los productos y, en general, de las tecnologías. El ciclo de vida de un producto es el tiempo que transcurre desde su concepción hasta su comercialización. Sobre esta base para analizar procesos y productos se define entonces la herramienta del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), como un procedimiento objetivo de valoración de las cargas energéticas y ambientales relativas a un proceso o una actividad, efectuado a través de la identificación de la energía, de los materiales usados y de los desechos vertidos al ambiente, la valoración incluye el ciclo de vida completo del proceso o la actividad, comprendiendo la extracción y el tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, la reutilización, el reciclaje y el vertido final (Sabella, 2005); (Pré consult, 2004); (NC-ISO 14040, 1999),

por ello se ha utilizado el ACV como un complemento para los estudios de factibilidad de alternativas inversionistas (Acevedo; 2012)

Aquí en lugar de la *Ingeniería por etapas o Secuencial* del enfoque tradicional se emplea el concepto de *Ingeniería concurrente*, lo que lleva a la utilización de equipos multidisciplinarios, prácticamente desde el inicio del proceso de desarrollo de una tecnología y su escalado. Para la aplicación de la Ingeniería concurrente se necesitan algunos requisitos elementales, como son:

- Tener facilidades de comunicación entre el colectivo, que en ocasiones resulta bastante numeroso.
- Usar técnicas de trabajo en grupo y técnicas de solución de problemas.
- Disponer de locales de trabajo adecuados y servicios de oficina y de apoyo en general.
- Disponer de bases de datos comunes.

A este enfoque de trabajo se oponen muchos procedimientos establecidos y actitudes, entre las que se destacan:

- Departamentalización estructural
- Sistema de estimulación diseñado para el individuo y no para el colectivo.
- Dirigentes apegados a dar soluciones simples a problemas complejos.

No obstante estas dificultades la Ingeniería concurrente y en general la Ingeniería, ha demostrado su utilidad práctica y esta forma de trabajar integrado en grupos multidisciplinarios ha sido adoptada a nivel mundial, especialmente a partir de la década del 90.

Del trabajo conjunto de investigación e ingeniería, surgen las variantes iniciales del diseño de planta, que sirven en cada caso para diseñar y seleccionar adecuadamente el equipo que se usará en la escala siguiente, pudiéndose decidir incluso la eliminación de algunas de las etapas, si el nivel de información así lo aconseja.

## **ESCALADO DE PROCESOS QUÍMICOS**

Las actividades de la ingeniería química generalmente involucran la implementación industrial de procesos en los cuales la conversión química o microbiológica de materiales tiene lugar en conjunto con procesos de transferencia de masa, calor y movimiento. Estos procesos dependen de la escala, es decir ellos se comportan diferentemente a pequeños niveles de producción (laboratorio o plantas pilotos) y a grandes niveles de producción (producción industrial), pequeña por lo que es un interés pronosticar el adecuado diseño para una

nueva instalación o para lograr que una instalación existente funcione eficientemente. Por ello, frecuentemente se intenta modelar estos procesos para ganar en conocimiento sobre el posible comportamiento de las instalaciones industriales. Aunque se han dado muchas definiciones sobre el proceso de escalado de procesos químicos, se coincide en que es el proceso necesario para alcanzar la producción industrial a partir de un logro científico a nivel del laboratorio.

Aquí es importante señalar que el escalado debe ser hecho por especialistas en la materia, preferiblemente ingenieros relacionados con el campo de aplicación del proceso que se está estudiando y teniendo en cuenta toda la teoría existente sobre los métodos de escalado, teniendo en cuenta la Teoría de la semejanza, la semejanza geométrica, mecánica, estática, cinemática, dinámica, térmica y química, así como los regímenes de trabajo de los equipos a ser escalados.

El proceso de escalado incluye las siguientes etapas: concepción, laboratorio, banco, planta piloto, producción industrial y comercialización.

En el diseño conceptual y de laboratorio se realiza la investigación de mercado considerando la demanda del producto y sus potenciales clientes o receptores, la investigación de laboratorio, obtención de pequeñas cantidades y determinación de métodos de obtención y evaluación y comprobación de la factibilidad a priori.

En el trabajo de banco se hace un escalado de 1:3 - 1:5, se afinan los métodos, se trata de aumentar la eficiencia, se obtienen mayores cantidades del producto y se revisan y actualizan los estudios de factibilidad.

En la planta piloto se hace otro escalado, se determinan en detalle los consumos de materiales y energía, se precisan los rendimientos, conversiones de los reactores químicos y biológicos, se definen más claramente los parámetros de operación del proceso, se estudia los diferentes grados de calidad posibles de obtener, aquí ya se tiene una idea más clara de los posibles desechos y los métodos de tratamiento más utilizados y su aplicación práctica a la propuesta analizada y por último se precisan con más detalles todos aquellos aspectos que desde el punto de vista técnico y económico más inciden en los costos de producción para lograr un estudio de factibilidad técnica y económica sobre bases más reales.

Esta etapa sirve además para minimizar muchas de las incertidumbres presentes en el proceso que se quiere diseñar, por lo que en ocasiones, si la información para el diseño no satisface los requerimientos (falta de información), es escasa o divergente, se pueden utilizar criterios de expertos.

Aquí, se reconoce por la comunidad científica y profesional que si los ingenieros y otros expertos no han participado íntegramente desde el inicio de la investigación se puede perder mucho tiempo.

En la etapa de Producción se proyecta la planta y se ejecuta su construcción y montaje.

Sin embargo, es importante destacar que la experiencia con plantas de procesos reales indica que los costos de inversión son usualmente estimados muy por debajo de sus valores reales y que la capacidad de estas plantas generalmente son sobrestimadas en comparación con los valores reales debido a que no se consideraron un conjunto de incertidumbres desde las etapas primarias de Investigación y Diseño. A esta conclusión se arribó después de un estudio de la Rand Corporation (Merrow, 1981) que comparó los datos operacionales de 44 plantas con el diseño final y los costos de inversión estimados que sirvieron de base para la proyección y construcción de las mismas. Lo anterior se ilustra en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.:** Costos de inversión estimados vs. reales

<b>Costos de inversión</b>	<b>% de costos estimados respecto de costos reales</b>
Invest. y Diseño	49
Definición de proyecto	62
Ingeniería	78
Construcción	83
Arrancada de la planta	93

Como se puede observar una adecuada etapa de Investigación y Diseño conducirá, siempre que se tengan en cuenta las incertidumbres presentes en las principales variables del proceso, a una correcta estimación de los costos de inversión y a la determinación de las capacidades reales de plantas químicas lo que redundará en el mejoramiento de la eficiencia económica de las mismas en su etapa de funcionamiento, así como a tener a mano criterios económicos científicamente fundamentados sobre bases reales a la hora de tomar una decisión desde el punto de vista tecnológico e inversionista.

Por otra parte, es necesario destacar como aspectos a considerar que las plantas pilotos pueden retrasar la comercialización del producto debido al tiempo de su construcción y operación, y que en dependencia del tipo de proceso generalmente son muy caras. No obstante, una planta piloto puede ser necesaria por el riesgo de escalado para llevar directo de una miniplanta a escala industrial. Esto puede ser debido a:

- El proceso presenta diversas etapas críticas que no pueden describirse por modelos físicos.
- Se está desarrollando una nueva tecnología, por su dificultad y porque sea compleja.

En esta etapa se pueden presentar muchos problemas, pues las decisiones cruciales del diseño de los diferentes componentes de un proceso deben ser hechas durante la Investigación y el Diseño de los equipos, de manera que la proyección económica desde la propia concepción del proceso contribuya a lograr un proceso económicamente competitivo. Así es necesaria una estrategia investigativa para el escalado industrial de un proceso tecnológico (Oliva et al; 2010).

La operación de la planta piloto hace posible completar y verificar la información de datos y documentaciones obtenidas en las etapas anteriores del desarrollo del proceso. El factor de escalado de una etapa a la otra está siempre limitado por el principio de mínimo o sea: la etapa de proceso o el equipo de menor factor de escala determinan la capacidad máxima de la próxima instalación y cuyas condiciones de performance puedan ser calculadas. Es aquí donde el ingeniero de procesos puede ahorrar dinero y tiempo.

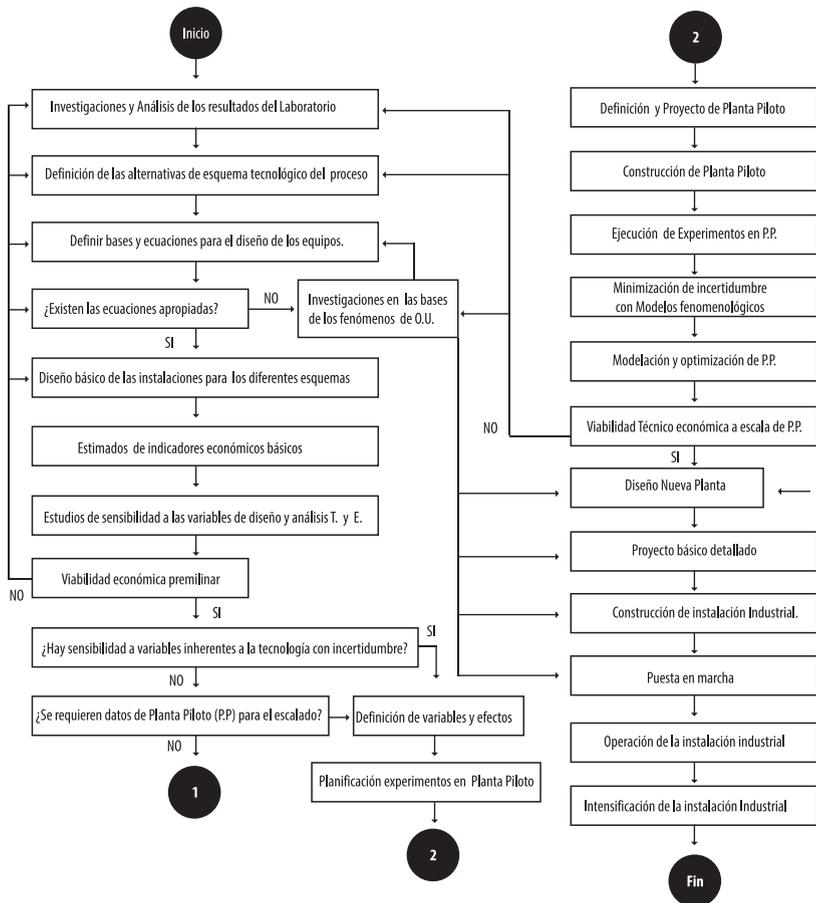
La tarea más importante es encontrar los puntos débiles y someterlos a un análisis específico para ser mejorados y así con el proceso completo tantas veces como se requiera. El problema es que muchas decisiones pueden ser tomadas de forma incompleta por su conocimiento, pero esto es inevitable. Un desarrollo sin incertidumbre es tan errado como comenzar una planta industrial solo con los resultados del laboratorio.

Se deben valorar tantas posibilidades como sea posible en una etapa preliminar, de forma tal, que un gran número de ellas queden restringidas al laboratorio. Investigaciones de variantes a nivel de planta de ensayo deben evitarse por costo y tiempo.

Se cometen algunos errores al principio, pero eliminarlos es barato y rápido en una variante. Estos errores no deben ser ya en escalas mayores ya que serían costosos y difíciles de eliminar. Una planta piloto puede ser necesaria por el riesgo de escalado para llevar directo de una miniplanta a escala industrial.

Construir y operar una planta piloto es una decisión muy costosa que puede representar el 10% del valor de la planta comercial. Además si se trabaja con sustancias tóxicas, generalmente demora mucho en ponerla a funcionar.

De acuerdo con lo anterior se ha propuesto el diagrama heurístico de la Figura 2.3 para el escalado de los resultados del laboratorio hasta nivel de Planta Industrial considerando el uso de una instalación del tipo Planta Piloto.



**Figura. 2.3.:** Diagrama heurístico para el escalado de los resultados de laboratorio hasta nivel de Planta Piloto (Oliva, 2013)

Entre las tareas a ejecutar en las plantas pilotos se encuentran:

- 1- Chequeo de cálculos de diseño.
- 2- Solución de problemas de escalado.
- 3- Chequeo de resultados experimentales obtenidos en la miniplanta.
- 4- Medida de los perfiles de temperatura en el reactor y en las columnas bajo condiciones adiabáticas.
- 5- Ganar en el Know-How del proceso.
- 6- Producción de cantidades representativas de productos para muestras.
- 7- Entrenamiento de personal.
- 8- Precisión de fallos de acceso de pequeños flujos.
- 9- Mejoras de los estimados de vida de servicio.
- 10- Ensayo de materiales bajo condiciones reales.
- 11- Evaluar económicamente el proceso.

Sin embargo durante las investigaciones y desarrollo de un proceso químico nuevo, uno de los problemas que merita la mayor atención y también brinda una gran problemática es el escalado del reactor químico o biológico, o sea, que las dificultades más comunes consisten en determinar el comportamiento de éstos equipos cuando se someten a diferentes condiciones de trabajo, esto, por supuesto, es de sumo interés cuando se quiere llevar a cabo un estudio considerando la incertidumbre en el diseño del proceso.

## **PRINCIPIOS BÁSICOS DEL ESCALADO DE PROCESOS QUÍMICOS Y BIOTECNOLÓGICOS**

De acuerdo a González Castellanos, R. (2000), en el escenario de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías está presente siempre la problemática de cómo convertir en una estructura económica de producción los conocimientos logrados en el laboratorio, concatenándolos con otros conocimientos ya establecidos, para poder llegar de esa forma a una escala comercial de producción.

En este proceso de cambio de escala surgen problemas que en muchas ocasiones son ignorados completa o parcialmente y esa ha sido la causa de no pocos fracasos. Estos problemas pueden ser agrupados en dos tipos fundamentales: los que se relacionan exclusivamente con la necesidad de manejar grandes volúmenes de material y aquellos en que la naturaleza misma del problema se ve afectada por el tamaño de la escala de operación.

Para la definición de los límites entre una escala y otra existe una gran diversidad de criterios y en muchos casos se ha utilizado el volumen de los equipos como el criterio fundamental, particularmente en lo relacionado con la industria Biotecnológica, aunque en ese caso en realidad lo que se trata es de un significado particular del concepto de escalado, bastante más restringido que el concepto de escalado adoptado modernamente (González Castellanos, R., 2000).

El escalado se fundamenta en el llamado *principio de semejanza o similitud*. Este principio se refiere a las relaciones entre sistemas físicos de tamaños diferentes y es esencial para el cambio de escala de procesos químicos y bioquímicos. De manera general, los objetos y sistemas físicos poseen tres características: tamaño, forma y composición. Éstas son independientes, puesto que, para un proceso específico, puede cambiar el tamaño y mantenerse la forma y la composición.

El principio de semejanza está ligado al concepto de forma, pues supone que la forma es independiente del tamaño y la composición.

González Castellanos, R., 2000 plantea que la forma tiene un significado más amplio que la simple configuración espacial o dimensión física. Este concepto puede extenderse a la forma de los perfiles de flujo, de temperatura, de concentración, de la trayectoria de una partícula, etc. En términos generales, este principio establece que “la configuración espacial y temporal de un sistema físico está determinada por razones de magnitudes dentro del sistema mismo y no depende del tamaño de éste ni de la naturaleza de las unidades en que se miden estas magnitudes” (Rosabal, 1988). Dada la extensión del concepto de forma, para asegurar que dos sistemas son semejantes es necesario especificar cuáles son las configuraciones que se comparan. Éstas pueden ser cinemática, dinámica, térmica, química y, además, biológica, en el caso de los procesos bioquímicos.

**Semejanza química y biológica:** en sistemas en los cuales se presentan transformaciones y procesos de difusión, las velocidades locales de generación o consumo de sustancias dependen de las diferencias de concentración y éstas deben guardar relaciones constantes en sistemas químicamente semejantes. Sistemas geométrica, cinética y térmicamente semejantes serán químicamente semejantes cuando las diferencias de concentración correspondientes mantengan una razón constante, y serán biológicamente semejantes cuando los organismos se expongan a las mismas condiciones.

El principio de semejanza conduce al planteamiento de las condiciones necesarias de existencia de semejanza entre sistemas a diferentes escalas, que derivan en criterios de semejanza entre los procesos. Ruiz Colorado, A. A., (2009) profundizó más sobre estos aspectos, cuestiones éstas que se muestran a continuación.

## MÉTODOS DE ESCALADO DE PROCESOS QUÍMICOS

Tradicionalmente, el escalado de procesos se ha realizado con base en la perspectiva del análisis dimensional, en la semejanza geométrica, en las relaciones empíricas a partir de un conjunto de datos y, por último, en modelos con apoyo de relaciones empíricas. A continuación se presenta un panorama breve de tales aproximaciones (Ruiz Colorado, 2009).

*Análisis dimensional.* Se basa en que todos los términos en una formulación matemática que describe un proceso fisicoquímico deben tener las mismas dimensiones para que sea válida en cualquier sistema de dimensiones (Zlokamik, 1991). El análisis dimensional contrasta las dimensiones de los fenómenos físicos y de las ecuaciones asociadas con el modelo del proceso. A partir de este análisis, las ecuaciones se pueden representar adimensionalmente

por medio de números adimensionales ya establecidos, asociados directamente con fenómenos físicos y químicos. Sin embargo, para usar este método en escalado debe existir similitud geométrica (Kossen, 1994).

El método puede resumirse en:

- I. volver adimensionales las ecuaciones dimensionales del modelo;
- II. obtener los grupos adimensionales comunes (teorema  $\pi$  de Buckingham (Selman, 1983));
- III. correlacionar los datos experimentales de la forma:  $\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-m})$ ;
- IV. escalar usando el criterio de similitud, que garantiza que  $\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-m}$  son idénticas en ambas escalas. Entonces, como  $f$  es conocida, puede calcularse el valor de  $\pi_1$  en la escala mayor. Nótese que, por su carácter empírico,  $f$  no ofrece información directa del fenómeno que subyace en los procesos. Por esto, la modelación puede suplantar al análisis dimensional como herramienta para diseñar y escalar procesos (Selman, 1983).

Por similitud no es posible mantener todos los números adimensionales para un proceso, lo cual obliga a sacrificar alguna condición de trabajo y a tomar un compromiso con un “factor de peso” por grupo, de acuerdo con el efecto particular en el objetivo global del proceso que se va a escalar (Bisio y Kabel, 1985). A favor del método, debe decirse que proporciona correlaciones más condensadas como modelo empírico del proceso y reduce el número de experimentos para identificar ese modelo explora el efecto de un grupo de variables en lugar de cada variable individual (Boucher y Alves, 1959).

*Método basado en la similitud.* El principio de similitud busca mantener constantes los fenómenos que caracterizan el proceso en cuestión y hacer uso de los grupos adimensionales. Por ejemplo, la operación de un reactor se puede describir por la relación de las variables y de los parámetros en los balances diferenciales. Estas variables se pueden reducir por semejanza (Selman, 1983).

Los tipos de similitudes importantes en la mayoría de estudios en ingeniería química son los siguientes:

- I. geométrica: proporcionalidad dimensional en aspectos mecánicos y estáticos (deformación); las relaciones de las dimensiones correspondientes son iguales en ambos sistemas.
- II. Cinemática: no sólo hay similitud geométrica, sino que, además, las relaciones de velocidad en puntos correspondientes en cada sistema son iguales (movimiento).
- III. Dinámica o de fuerzas: si además de la similitud cinemática, las relaciones de las fuerzas entre puntos correspondientes en cada sistema son iguales.

IV. Térmica: los cocientes de los flujos de calor convectivo, conductivo y por radiación tienen valores idénticos en ambos sistemas; pero se requiere la similitud geométrica, si los sistemas se encuentran a diferentes temperaturas.

V. Química: la selección de las dimensiones y condiciones de operación para satisfacer las similitudes geométrica, térmica y química es fácil, pero la satisfacción de requerimientos de la similitud mecánica no lo es (Bisio y Kabel, 1985).

En este orden de ideas, escalar por similitud se apoya en los grupos adimensionales y busca que, manteniendo el mayor número de similitudes, la relación de números adimensionales pueda aplicarse sin ponderadores (sin sacrificio de números adimensionales). La idea que subyace puede expresarse de la manera siguiente: “Si dos sistemas están descritos con las mismas ecuaciones diferenciales, con las mismas ecuaciones de contorno y con los mismos parámetros de operación, entonces ambos sistemas se deben comportar de manera idéntica”.

*Método basado en la experiencia (empírico).* Recurre al registro histórico de los datos del proceso en la escala existente y a una posterior relación matemática de ellos, de tal forma que se produzcan correlaciones empíricas que, combinadas con el análisis dimensional y con la similitud, permitan escalar el proceso, pero se tienen en cuenta sólo algunas variables o parámetros. Por esta razón, cuando se tiene la nueva escala, los rendimientos y las condiciones ambientales no se mantienen como teóricamente se había calculado. En este método es necesario contar con un número significativo de datos que validen la operación de la nueva escala. Este método tiene como desventaja que no se puede generalizar para diferentes procesos o ante algún cambio significativo en la operación del mismo proceso, puesto que se fundamenta en los datos obtenidos para unas condiciones restringidas de operación o un comportamiento típico que se quiere conservar en la nueva escala sin lograr mantener el régimen de operación.

*Método basado en modelos.* Entre las diferentes aproximaciones al escalado, algunos autores plantean una aproximación fundamental, que involucra la modelación del sistema de proceso en consideración. Dicho modelo debe proporcionar un excelente entendimiento del proceso para permitir un escalado confiable. Sin embargo, la validación del modelo a las diferentes escalas y regímenes de operación es la tarea crítica. Johnstone y Thring (1957), plantean que los factores de escala se pueden deducir de un modelo de proceso lo suficientemente preciso. Selman, (1983) menciona las relaciones entre grupos adimensionales como constructoras de modelos que deben conducir a establecer un formalismo (una fórmula) para un escalado más preciso. Bisio y Kabel,

(1985) afirman que procesos que involucran un gran número y complejidad de transformaciones serían mejor escalados si se tiene un modelo apropiado del mismo. Finalmente, todos los autores concluyen que en escalado, como alternativa para la experimentación y para el análisis dimensional, se encuentra el análisis matemático de un modelo que represente fielmente el proceso.

## MÉTODOS DE ESCALADO DE PROCESOS BIOQUÍMICOS

Como ya se mencionó, en el escalado de procesos químicos, para llevar a cabo un escalado satisfactorio es necesario cumplir con la teoría de la similitud ( $m' = k \cdot m$ ), donde  $m$  y  $m'$  son los modelos a pequeña escala y a gran escala, respectivamente, y  $k$  corresponde al factor de escala. Esta relación lineal brinda información acerca de la similitud de los dos procesos, la cual se debe cumplir para los fenómenos involucrados (similitud geométrica, dinámica, térmica, másica y bioquímica) y en orden secuencial para estas similitudes. Para escalar procesos bioquímicos es necesario contar con información acerca de las rutas metabólicas, la influencia del flujo por unidad de área del reactor sobre la reacción y los efectos de mezcla del sustrato en el medio del reactor. Aun así, la credibilidad en el diseño y en las condiciones óptimas de operación determinadas es cuestionable, incluso en el caso de biorreactores escalados a tamaño comercial de manera satisfactoria, debido a los métodos utilizados para efectuar el cambio de escala.

El cambio de escala o generalización es un proceso propio e ineludible en la industria. El cambio de escala es una proyección en la cual los datos obtenidos en un sistema se utilizan para diseñar otro de tamaño diferente, es decir, una proyección es una correspondencia biunívoca entre los puntos de un sistema 1 y los puntos de un sistema 2. Existe una serie de relaciones para ambos sistemas. Las proyecciones en función de la escala se pueden dividir en:

- Conformes: la proyección conserva el ángulo entre dos puntos medidos en el sistema de referencia y en el sistema escalado, es decir, mantiene la forma.
- Equidistante: la proyección conserva las relaciones de distancias. Es conveniente señalar que no todos los sistemas cumplen esta propiedad.
- Equivalente: las proyecciones conservan las relaciones en sus superficies (de amplio uso en cartografía).
- Afiláctica o de dirección verdadera: las proyecciones no conservan las propiedades anteriores, pero tienen valores tolerables para sus variables y números adimensionales. En general, relacionan las direcciones de todos los puntos respecto del centro y las mantienen constantes.

Los fenómenos reportados como más relevantes en el escalado de bioprocesos, según Nienow, (2001) se clasifican en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.:** Fenómenos más relevantes en el escalado de bioprocesos.

Variable que se va a escalar	Proceso	Criterio de escalado
Velocidad de agitación	Cultivo de células animales	$\epsilon T$ (Velocidad de disipación de energía), velocidad de la punta del impulsor. La semejanza geométrica no se puede mantener.
Velocidad de aireación	Procesos aireados	Volumen de aire por volumen de medio (VVM)
Geometría	Procesos sumergidos	Semejanza geométrica, excepto para el cociente altura-diámetro del biorreactor (H/D), número de agitadores los cuales se incrementan

## SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS EN LOS MÉTODOS DE ESCALADO DE PROCESOS QUÍMICOS CON FLUIDOS NEWTONIANOS Y NO NEWTONIANOS

Al comparar los métodos de escalado de procesos para fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos reportadas en la literatura se obtienen las siguientes semejanzas y diferencias.

Semejanzas:

- Al variar la escala, cambian los efectos con respecto a la relación superficie / volumen, patrones de flujo y geometría; resultan diferencias significativas en los gradientes de concentración y temperatura.
- En la escala de laboratorio, el fenómeno relevante es la reacción química, mientras que la transferencia de masa y de calor no presenta inconveniente. Pero al aumentar de escala, la hidrodinámica del reactor (y, por consiguiente, la transferencia de masa y de calor) va adquiriendo mayor relevancia y se constituyen en el fenómeno físico dominante del proceso.
- Una vez se disponga de un proceso desarrollado con éxito a escala de laboratorio, el proceso de cambio de escala requiere la medida de las propiedades reológicas del medio, las dimensiones del sistema y las variables directamente controladas, como la velocidad de agitación y flujo volumétrico, etc.
- Tienen en cuenta las velocidades de flujo del fluido newtoniano y no newtoniano en el régimen laminar o turbulento del proceso.

#### Diferencias:

- Para el escalado de procesos con fluidos no newtonianos aparece reportado en la literatura, el uso de la aproximación fundamental. La aproximación fundamental involucra la modelación del sistema de proceso en consideración. Este proporciona un excelente entendimiento del proceso como un método de escalado confiable, pues permite evaluar los cambios en los parámetros hidrodinámicos
- Los parámetros hidrodinámicos (velocidad media de turbulencia en la fase continua, distribución de tamaños de burbuja, velocidad de la fase dispersa, relación entre el volumen del gas y el volumen total, retención de burbujas, mezcla de fases y transferencia de materia entre ellas) cambian a lo largo del proceso y, por tanto, producen variaciones en las relaciones aplicables al cambio de escala.
- Otras variables importantes en este tipo de procesos son el esfuerzo cortante máximo y el tiempo de mezcla (Casablancas y Santin, 1998).
- En el caso de los fluidos no newtonianos, el número de Reynolds ( $Re$ ) no es fácil de calcular. Por esta razón, se usa la viscosidad media aparente, calculada a partir del gradiente medio de la velocidad, ya que la velocidad aparente del fluido cambia con el gradiente de velocidad, y éste varía de un punto a otro del tanque. Con lo anterior, se calcula el número de potencia, dependiente también del tipo de fluido no newtoniano.
- Una vez realizado el escalado, se recomienda comprobar, por lo menos, los efectos más importantes en los procesos con fluidos no newtonianos, como tiempo de mezcla, esfuerzo cortante y transferencia de oxígeno en el caso de los procesos aireados.

## MÉTODOS DE ESCALADO DE PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS

#### Semejanzas:

- Los problemas relativos al escalado corresponden a propiedades físicas dependientes de la temperatura, heterogeneidad de los materiales y espumas, entre otros, los cuales se resumen en fenómenos de transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento y definen el fenómeno físico o químico que controla el proceso en la escala y las condiciones iniciales.
- Desde el punto de vista técnico, son causas de los problemas de escalado: imprecisión en el modelo, cambio del tiempo de proceso debido al cambio de escala, existencia de fenómenos superficiales no considerados, conocimiento insuficiente de los detalles de las cinéticas (formación de subproductos), poca especificación del flujo de fluidos (en particular,

flujo turbulento de fluidos no newtonianos en dos fases) y cambios en las materias primas (Kossen, 1994).

- Dependiendo de la forma, se presentan diferencias en la agitación, cortos circuitos el fluido y zonas muertas. Respecto al modo (y escala) de operación, resultan diferentes distribuciones de tiempos de residencia. Además, cambian los materiales de construcción, lo cual provoca una posible contaminación en los productos.
- Cambia la estabilidad del flujo, se dificulta la remoción de calor, cambian los efectos límite, de pared y finales. Los efectos de pared son, generalmente, más importantes en la escala pequeña que en la de tamaño comercial (Bisio and Kabel, 1985).
- Con el aumento (o cambio) de escala, el proceso cambia de Régimen de Operación, entendido éste como la dinámica o fenómeno de mayor relevancia en el proceso a la escala dada.
- La principal dificultad en el escalado de procesos radica en la imposibilidad de mantener en un mismo nivel de importancia todos los fenómenos relevantes del proceso a diferentes escalas.
- Una reacción llevada a cabo a escala de laboratorio a altas velocidades de agitación producirá un rendimiento completamente diferente al obtenido en un recipiente a gran escala, donde el mezclado es más lento.
- Durante el escalado, la razón superficie / volumen del reactor disminuye, lo cual ocasiona que la velocidad de transferencia de calor no se aproxime a la obtenida en el laboratorio.
- En estudios de laboratorio se usan reactivos puros o de alto grado de pureza, mientras que en la escala industrial éstos son de grado comercial.

#### Diferencias:

- Los parámetros hidrodinámicos (velocidad media de turbulencia en la fase continua, distribución de tamaños de burbuja, velocidad de la fase dispersa, relación entre el volumen del gas y el volumen total, retención de burbujas, mezcla de fases y transferencia de materia entre ellas) cambian durante el proceso y, por tanto, producen variaciones en las relaciones aplicables al cambio de escala. En el caso de procesos bioquímicos, ese hecho se refleja en las variaciones de la biomasa y la morfología celular.
- El escalado de procesos bioquímicos incluye no sólo conocimiento de bioquímica y biotecnología sino también de ingeniería, fisicoquímica y química orgánica; así, la ingeniería química y la mecánica de fluidos, entre otras áreas, son esenciales para realizar esta tarea.

- El escalado de procesos bioquímicos involucra problemas adicionales a los presentes en el escalado de procesos químicos: el mantenimiento de las condiciones ambientales óptimas como el pH, la concentración de sustrato y de microorganismos, la transferencia de masa, el mezclado, el estrés hidrodinámico; el mantenimiento de un ambiente aséptico, el control estricto y regulación de la temperatura, etc. La estabilidad de las células y de las enzimas debido a la agitación mecánica y a la colisión de burbujas de aire y/o gas es otro aspecto único de los procesos bioquímicos, y por esa razón, debe ser considerado en el momento de escalar.
- Con el incremento de la escala de operación, la velocidad de punta del agitador se incrementa y provoca estrés en las células; además, con el incremento de escala, el tamaño promedio de las burbujas de gas aumenta y origina un daño mayor a las células ocasionando presión sobre la membrana celular y su posterior rompimiento (Doble, Kruthiventí and Gaikar, 2004).
- Una de las consecuencias indirectas del cambio de escala de operación es su influjo en los ciclos de esterilización. Los reactores de mayor volumen requieren mayores tiempos de esterilización, y como consecuencia, la calidad del medio queda afectada por la pérdida de compuestos termolábiles, como las vitaminas.
- Durante el escalado de un proceso bioquímico, el fenómeno que se debe tener en cuenta puede ser dividido en dos: procesos físicos (fenómenos de transporte) y procesos metabólicos (cinética microbiana). Ambos se deben trabajar en conjunto para modelar apropiadamente el reactor y permitir el escalado.
- La cinética microbiana está determinada no sólo por las condiciones locales, sino también por la edad de los microorganismos; pues las células experimentan cambios ambientales cuando circulan en todo el reactor a gran escala.
- El estrés hidrodinámico puede ser un problema en los microorganismos sensibles a este efecto. Normalmente, esto no sucede en el caso de las levaduras o a las bacterias, pero es de gran importancia en células vegetales y animales.
- Se evidenciará un ambiente oscilante con respecto al esfuerzo cortante, por parte de los microorganismos, durante la circulación.
- En muchos procesos en reactores a gran escala hay presencia de espumas causadas por componentes tensoactivos que son excretados o liberados a través del rompimiento celular; problema que es fácilmente manejable en experimentos a escala de laboratorio, pero representan un problema mayor a escala superior.

## MÉTODOS PARA ATACAR LA INCERTIDUMBRE EN LOS PROCESOS DE ESCALADO Y DISEÑO EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

La aproximación más común para manipular incertidumbres es o ignorarlas o usar un simple análisis de sensibilidad. En los análisis de sensibilidad los valores de un parámetro particular se varían desde un nivel bajo hasta un nivel alto, mientras todos los otros parámetros son mantenidos en sus valores nominales, observándose el efecto sobre algún parámetro clave de salida. En problemas prácticos, sin embargo, muchas variables de entrada podrían ser inciertas. La explosión combinatoria de posibles escenarios de sensibilidad rápidamente se convierte en inmanejable. Debido a esto es muy difícil identificar las variables de entradas para las cuales los resultados son más sensibles. Por tanto el análisis de sensibilidad no suministra la percepción de la probabilidad de obtención de cualquier resultado particular.

Otra aproximación muy usada en los estimados de costos emplea factores de contingencia.

El método más utilizado para incorporar incertidumbre en el diseño de equipos de procesos y de plantas químicas es el conocido **método de diseño clásico**.

La aproximación clásica al diseño asume que no existen incertidumbres o variaciones en las corrientes de alimentación, en las temperaturas, en las velocidades de flujo, en las composiciones. Asume que en los métodos de diseño, las propiedades físicas y los modelos son exactos. Bajo estas consideraciones se lleva a cabo el diseño y después que se concluye el mismo se tiene en cuenta un factor de sobrediseño asignado por el diseñador para evadir las incertidumbres y asegurar que el sistema al menos trabaje adecuadamente. Este factor de sobrediseño está basado principalmente en la experiencia y juicio del diseñador y puede variar desde un 15 a un 100% (Perry, 2008) (Peters y Timmerhaus; 1991). Tales métodos pueden aumentar innecesariamente el costo de adquisición de los equipos en el capital invertido por un lado y por otro no ser suficiente el capital invertido.

Sin embargo, todos conocemos que existen errores en nuestros datos, usualmente errores en los modelos, flujos, temperaturas, concentraciones, etc. que cambiarán con el tiempo. Cuando el ingeniero afirma que la eficiencia de plato es 20% más grande que su valor nominal, que el volumen o el área es 20% más grande que su valor nominal estamos considerando los factores de sobrediseño e intuitivamente estamos atacando la incertidumbre por lo que el método clásico de diseño que todos conocemos y aplicamos en nuestra práctica profesional es el método más usado para atacar la incertidumbre.

De todo lo anterior se desprende que el método clásico de diseño no satisface en las condiciones actuales el diseño de una planta química real por la gran cantidad de variables aleatorias involucradas y porque el margen de error lo establece de forma intuitiva el propio diseñador, por tanto surge la necesidad de recurrir a métodos de diseño que tengan en cuenta todas las incertidumbres presentes en las principales variables del proceso.

Este método clásico conocido también como método de los factores de sobrediseño tiene la ventaja de que es fácil y requiere de poca información.

Sus desventajas son:

- No hay percepción del grado de flexibilidad del sistema que se diseña.
- Puede producir operación impracticable.
- Las interacciones no son normalmente consideradas.
- El resultado es un diseño no óptimo.
- Los valores de los factores de sobrediseño provienen de diferentes fuentes bibliográficas.
- La no aplicación del mismo factor de sobrediseño en diferentes tipos de equipos.

Esta última desventaja conduce a un error bastante frecuente en el diseño de equipos de procesos y es el de considerar que un factor de sobrediseño específico para un componente de un proceso es aplicable de modo general a condiciones diferentes de aquellas que inicialmente condujeron a su adopción, incluyendo así este factor una fuente de error para el diseño. Un componente de un proceso no puede diseñarse sin contemplar el sistema en que él ha de integrarse. Por ejemplo, cabe esperarse que una unidad de separación se diseñará con un factor de sobrediseño mayor si su afluente es la alimentación de un proceso que ha requerido una inversión de muchos millones de dólares que si, por el contrario, simplemente se conduce a una zona de almacenamiento.

Otro método usado para incorporar flexibilidad / incertidumbre en el diseño es el método del escenario del peor suceso o estrategia del Minimax.

Este método se sustenta en obtener el peor diseño dentro de un conjunto de diseños posibles, protegiendo al diseñador contra lo peor que podría pasar en la planta diseñada y a partir de ese peor diseño obtener el diseño que desde el punto de vista económico brindará las máximas ganancias.

Según Douglas, 1995 este método consta de dos pasos:

1- Seleccionar  $f$  para maximizar  $C(d,z,f)$ .

2- Seleccionar  $d,z$  para minimizar  $C^*(d,z)$  tal que:

$$h^*(d,z) = 0 \quad g^*(d,z) = 0$$

donde  $C^*$ ,  $h^*$  y  $g^*$  son  $C$ ,  $h$ , y  $g$  evaluadas en  $f = f^*$  donde  $f^*$  es el valor de  $f$  que maximiza  $C(d,z,f)$ .

Notas:

- el problema más complejo es la optimización del paso 2.
- frecuentemente  $f$  puede ser obtenido de la experiencia ingenieril.
- Cuando  $f$  se encuentra el problema 1 se convierte en el caso 2.

Ventajas:

- Fácil (se puede obtener el peor suceso de la experiencia ingenieril o de la simulación).

Desventajas:

- Un sobrediseño para la peor operación el 100 % de las veces.
- No es óptimo.
- El proceso podría ser no operable en un rango de condiciones de operación.

Este método para atacar la incertidumbre es el menos empleado, la bibliografía sobre el mismo es escasa por lo que se da a conocer en este trabajo sólo a modo de información.

Los otros dos métodos utilizados para la determinación de incertidumbres usan una aproximación estadística.

Buckley, (1950) fue el primero en usar una aproximación estadística al dimensionado de equipos de procesos y a la determinación de factores de sobrediseño. Buckley (1950) aplicó su método en el diseño de intercambiadores de calor, sugiriendo que el tamaño del equipo (en éste caso área) debía ser calculado primero de valores nominales para temperaturas, velocidades de flujo, capacidades específicas y coeficientes de transferencia de calor. Entonces basado en la suposición que las incertidumbres siguen la curva de probabilidad normal, determinó las desviaciones estándar para cada variable, a partir de las incertidumbres individuales (desviaciones estándar), el efecto de cada una sobre la incertidumbre total del área se determina. Una vez que se conoce  $s_a$  el efecto global o sea el factor de sobrediseño puede ser determinado de acuerdo al nivel de confianza deseado.

Este método es muy simple y adolece de falta de rigor para estudiar el efecto de variables aleatorias sobre el diseño, no brindando la posibilidad del ajuste de las mismas a otras funciones de distribución que no sea la normal.

Otra aproximación estadística a la determinación de incertidumbres en el dimensionado de equipos de procesos ha sido sugerida por Berryman y Himmelblau, (1973). Su método usa una simulación tipo Monte Carlo del equipamiento del proceso donde fluctuaciones aleatorias pero reales de las variables y parámetros de entrada son introducidos en cada simulación. Conociendo la incertidumbre en cada variable involucrada, un número aleatorio generado de una distribución normal, teniendo la misma media y desviación estándar se

sustituye por la variable y el modelo estocástico para el proceso se evalúa; teniendo tantas simulaciones del equipamiento del proceso como se desee, la incertidumbre en el tamaño puede ser determinada a partir de las desviaciones estándar de la muestra de salida y el nivel de confianza deseado.

Por este método se obtiene un factor de sobrediseño óptimo y se obtiene por tanto el valor más probable para el dimensionado de equipos de procesos, aunque no brinda una metodología heurística que parta desde la propia concepción del proceso. Este método es el más utilizado para llevar a cabo estudios de incertidumbre y ha sido usado por Al-Zakri, (1977) en el diseño de una red de intercambio de calor y recomendado por Pedraza, (1997) como el más eficiente a la hora de determinar incertidumbres.

Pedraza y González, (1995) han propuesto una metodología que se basa en tres etapas fundamentales:

Definición de las variables de diseño y parámetros del proceso.

Se definen todas las variables y se especifican cuales introducen incertidumbres. Se propone un trabajo experimental mínimo basado en diseño de experimentos, escalado, estudio de sensibilidad para las variables inciertas, etc.

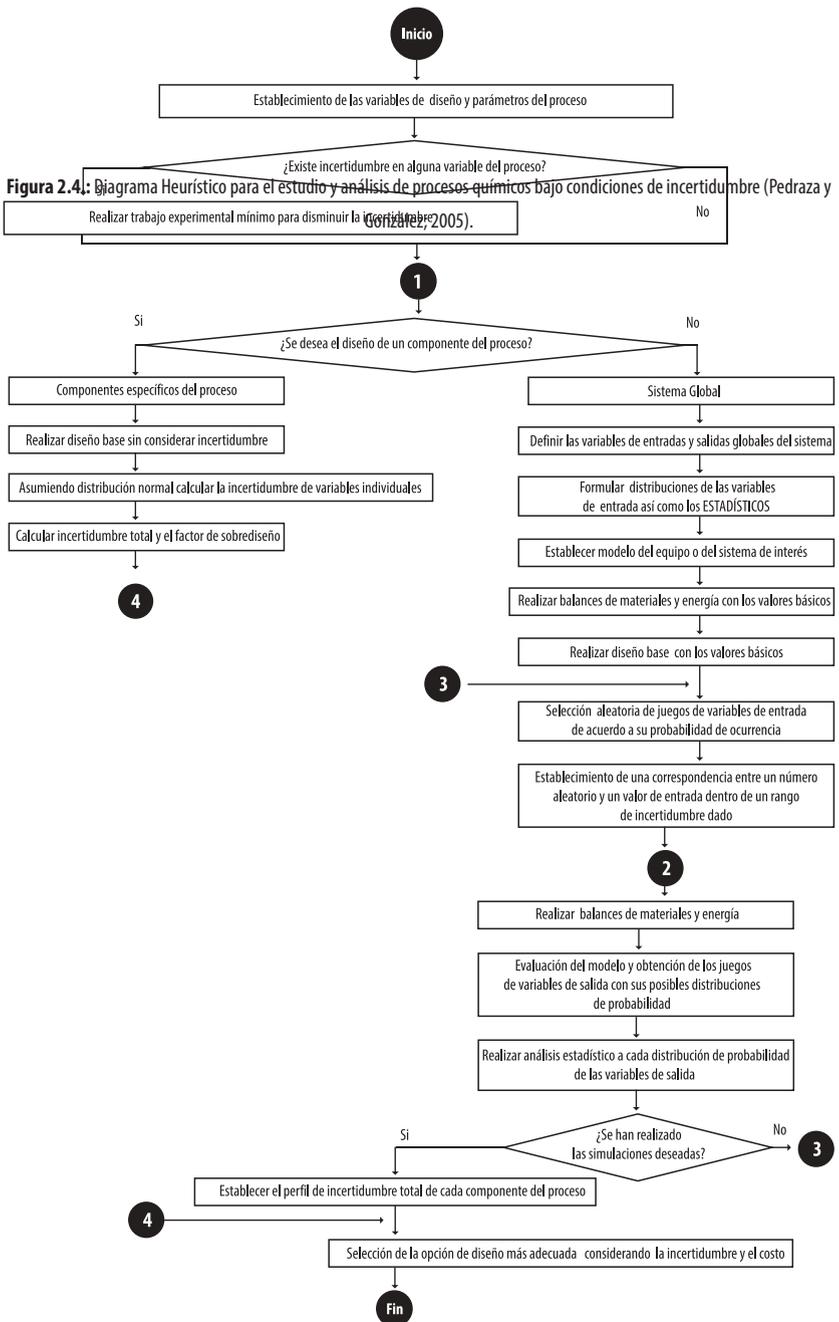
Simulación estadística del proceso.

Se formulan las distribuciones de probabilidad y se aplica la simulación estadística para obtener los balances de materiales y energía con incertidumbre.

Selección de la opción de diseño más adecuada considerando la incertidumbre y el costo.

Se obtiene el verdadero dimensionado de los equipos del proceso y el verdadero factor de sobrediseño, considerando la incertidumbre y un nivel de confianza deseado.

En la Figura 2.4.se muestra la metodología propuesta



## CONCLUSIONES

1- Los adelantos de la ciencia en los campos de la Modelación Matemática, la Simulación, la Optimización de procesos y las herramientas de la computación permiten una interrelación cada vez mayor entre el diseño y el escalado, lográndose cada día procesos más eficientes a un menor tiempo.

2- Un aspecto al cual se le ha prestado y se le debe prestar la máxima atención está relacionado con el escalado de los reactores químicos y bioquímicos, por la importancia que estos desempeñan en la mayoría de los procesos de la Industria Química y Biotecnológica. El reactor es, en muchos casos, el corazón de estas industrias, y una adecuada concepción y diseño de los mismos traerá consigo mayores conversiones, reduciendo los costos de materias primas y sistemas auxiliares, maximizando las posibles ganancias a obtener.

3- La participación de ingenieros y al uso de las técnicas de ingeniería en esos procesos se le ha denominado **ingenierización de procesos químicos y biotecnológicos**, que en la impronta de la época actual, más que un mero capricho, es una necesidad propia e insoslayable del proceso de investigación, desarrollo e innovación de cualquier empresa del mundo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo Pabón, Paola Andrea (2012)

Herramienta de análisis de alternativas de producción, incorporando el “cuna a cuna” a los métodos tradicionales, comparación de biodiesel de palma e higuierilla.

Al-Zakri, A.S , K.G Bell (1977)

“Estimation of the performance of shell and tube heat exchanger systems when uncertainties exist”, Ph.D Thesis, Oklahoma University.

Berryman, J.E, D. M. Himmelblau (1973)

Rev. Ind. Eng. Chem. Vol. 12, núm. 2.

Bisio, A. and and Kabel, R. (1985)

“Scale up of chemical processes”, Edit. Wiley and Interscience, New York.

- Boucher, D., and Alves, G. (1959)  
Dimensionless Numbers. *Chemical Engineering Progress*, Vol. 55, No 9. 4.
- Buckley, P.S. (1950)  
“Sizing Process equipment by statistical methods”, *Rev. Chemical Engineering*, No 57.
- Casablanca, F. G., y Santin, J. L. (1998)  
*Ingeniería Bioquímica*. Madrid: Síntesis S.A.
- Doble, M., Kruthiventi, A., and Gaikar, V. (2004)  
*Biotransformation and Bioprocesses*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Douglas, L.P. (1995)  
“Design and scale up under uncertainty”, Trabajo presentado al III Taller Internacional sobre escalado de tecnologías de producción de medicamentos”, La Habana, Cuba.
- González Castellanos, R. (2000)  
Principios básicos de escalado. Centro de Estudios de Combustión y Energía (CECYEN). Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- Johnstone, R., and Thring, M. (1957)  
*Pilot plants, Models, and Scale-Up Methods in Chemical Engineering*. Mc Graw Hill.
- Kossen, N. (1994)  
Scale-Up. *Advances in Bioprocesses engineering*, 53-65.
- Malone, J. O. (2008)  
*Perry’s Chemical Engineers Handbook*, Octava edición. The McGraw-Hill Companies.
- Mesa Garriga, L. (2010)  
“Estrategia investigativa para la tecnología de obtención de etanol y coproductos del bagazo de la caña de azúcar”. Tesis en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Técnicas. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Merrow, E. W et al. (1981)

“Understanding cost growth and performance shortfalls in Pioneer Plants”, Report No. R-2569-DOE, The Rand Corporation, Santa Mónica, California.

Muto Lubota y otros (2013)

“Colaboración de la comunidad científica Sur-Sur para usar la biomasa como fuente de productos químicos y energía”, Tecnogest.2013, La Habana, Cuba.

NC ISO 14040 (1999)

Environmental management. Life Cycle Assessment. Nienow, A. Scale-up, scale-down of stirred bioreactors. Birmingham: Centre for bioprocess engineering, the University of Birmingham, U. K. 2001.

Oliva Conyedo, Y. L. Mesa Garriga, E. González, C. R. Gómez, Víctor González Morales; E. Castro Galiano, C. Cara. (2010)

Fundamentación y avances de la estrategia investigativa para el escalado industrial de una nueva tecnología de obtención de etanol de bagazo de caña de azúcar.” IV.Simposio Internacional de Química.Santa Clara, Cuba.

Oliva Conyedo, Y., Layanis Mesa Garriga, Erenio González, Víctor González Morales. Estrategia investigativa para el escalado industrial de una nueva tecnología de obtención de etanol de bagazo de caña de azúcar. 37. *Centro Azúcar* 2 abril –junio/2010.92-100.

Pedraza Garciga, J. (1997)

Diseño de una planta química para la producción de ácido fosfórico en condiciones de incertidumbre. Tesis en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Técnicas. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Pedraza Garciga, J.; E. González Suárez. (1995)

Escalado del proceso tecnológico de producción de ácido fosfórico Taller Internacional de Escalado de Tecnologías de Medicamentos: Química, Biotecnología y Productos Naturales. Habana 24 Y 25 de Abril.

Peters, M. S and K. D. (1991)

Timmerhaus. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Fourth Edition, The McGraw-Hill Companies.

- PRÉ- CONSULTANS (2004)  
Introducción a LCA (Life Cycle Assessment-Análisis del Ciclo de Vida) con SimaPro.
- Rosabal, J. (1988)  
“Teoría de Los Modelos en Ingeniería de Procesos”, Editorial Oriente, Santiago de Cuba.
- Rudd, D.F y CH. Watson (1968)  
Strategy of Process Engineering, New York, Wiley.
- Ruiz Colorado, A. A. (2009)  
Factores de escala para la producción biotecnológica de etanol carburante. Tesis para optar por el título de Doctorado en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín, Facultad de Minas, Escuela de Procesos y Energía.
- Sabella A. (2005)  
El análisis de ciclo de vida como herramienta de valoración proyectual. Revista: Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible. N° 10. Mayo 05.
- Selman, J. (1983)  
Dimensional Analysis and Scale-Up of Electrochemical Reactors. Aiche Symposium Series. Tutorial Lectures in Electrochemical Engineering and Technology II. , Vol. 79 N° 229 p. 101-109.
- Zlokamik, M. (1991)  
Dimensional Analysis and Scale-up in Chemical Engineering. Berlin, Germany. Springer-Verlag.



## CAPÍTULO III

### CONTRIBUCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN PARA OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y FERMENTATIVA

*Glenia Rabassa Olazábal,*

*Erenio González Suárez,*

*Amaury Pérez Martínez,*

*Juan Esteban Miño Valdés*

#### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria química se ha caracterizado por un crecimiento explosivo y un desarrollo dinámico y acelerado, ha pasado de unos cientos de productos a unos cientos de miles, cabe citar por ejemplo, la industria del petróleo que de unas pocas materias básicas, ha pasado a una diversidad tal que hoy cuenta con miles de productos, y la diversificación de la industria azucarera, donde ya se tienen cientos de productos a escala industrial y de planta piloto.

En adición el mejoramiento continuo de las tecnologías ha llevado a consideraciones de tipo económicas e inclusive a revolucionar los criterios para las decisiones de un proceso.

Por otro lado, la penetración de un nuevo proceso en el ámbito industrial debe cumplir criterios de viabilidad económica. El desarrollo de nuevas tecnologías es un camino que requiere de varias etapas: estudios de mercado, investigación básica, investigación aplicada, estudios económicos de rentabilidad, comercialización, arranque y operación en planta.

La ingeniería económica clásica para la toma de decisiones de inversión en la empresa, se caracteriza por un enfoque táctico y operacional, más que estratégico, por considerar un solo criterio de decisión. En lugar de emplear criterios múltiples en los cálculos, requiere estimados exactos para factores que tienen dificultad en estimarse, y fundamentalmente, concentra los análisis en los costos y no en los beneficios.

En un proceso de transferencia de tecnología es necesario tomar decisiones en un sentido o en otro, y desde luego, la elaboración de decisiones está vinculada con la actividad de gerencia empresarial; una organización necesita elaborar muchas decisiones, para que pueda funcionar, adaptarse, progresar, sacar ventajas de oportunidades y sobrepasar las crisis. Siendo diverso el rango de problemas que enfrenta una organización, pues “muchas decisiones se repiten varias veces durante un día de trabajo, mientras que otras ocurren con poca frecuencia y pueden tener lugar durante muchos años” (Machado y col.2007), tal es el caso de los procesos inversionistas, que siempre requieren de la absorción y transferencia de tecnología, y lo por tanto de la máxima atención de la empresa. (Oquendo y col., 2001).

## **LAS OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y FERMENTATIVA**

Los paradigmas, los conceptos y las teorías que se utilizan en el estudio de la nueva economía aparentemente son los mismos que los que se utilizan en la vieja economía. La novedad radica en las nuevas aplicaciones, matizaciones y desarrollos del cuerpo teórico tradicional. Aunque el estudio del impacto de las nuevas tecnologías en las empresas cada vez va adquiriendo mayor importancia, todavía quedan muchos aspectos sin explorar en este nuevo campo de conocimiento. Uno de los principales aspectos, desde el punto de vista de la dirección de empresas, es la identificación de los modelos de negocio y las fuentes de valor agregados. Se hace necesario realizar un análisis de los modelos de negocio e identificar cuáles pueden ser las principales fuentes de valor para las empresas.

Varios autores se han referido al concepto de Modelo de Negocio, según Afuah y Tucci (2001), establecen que un modelo de negocio, debe definir la forma en la que las empresas planifican hacer dinero a largo plazo, Amit y Zott (2001) amplían esta definición y la acercan más a la realidad, un modelo de negocio debe describir el contenido, estructura y gobierno de las transacciones diseñadas, así como la creación de valor a través de la explotación de las oportunidades de negocio. El contenido de la transacción se refiere a los bienes o información que se está intercambiando y a los recursos y capacidades que se requieren para poder realizar el intercambio. La estructura de la transacción se centra en los participantes en el intercambio y en las formas en las cuales estos están unidos. El gobierno de la transacción contempla las formas de control de los flujos de información, recursos y bienes, que utilizan los participantes relevantes. La mezcla de tres elementos críticos para el negocio es lo que para

Mahadevan (2000) significa el concepto de un modelo de negocio. Estos elementos son: la fuente de valor, que identifica la proposición de valor de los compradores, vendedores y los creadores de mercados; la fuente de ingresos constituido por un plan para asegurar la generación de rentas para la organización; y la fuente logística, la cual cubre varios temas relacionados con el diseño de la cadena de suministro de la empresa. Argumenta que la supervivencia de la empresa proviene de la robustez de su fuente de valor, la cual influye sobre la fuente de ingresos y la logística, (López, Sánchez Sandulli, 2001) definen formalmente el término de modelo de negocio como una configuración única de elementos que abarcan las metas, estrategias, procesos, tecnologías y estructura de la organización, concebidas para crear valor para los clientes y, por ende, competir exitosamente en un mercado en particular. El modelo de negocio se manifiesta, entre otras, en la proposición de valor principal, las fuentes de rentabilidad en cómo se genera la rentabilidad, los costes involucrados en generar esta rentabilidad, y en el plan y la trayectoria de crecimiento de la organización. Para (Chesbrough y Rosenbloom, 2002), las funciones que debe cumplir un modelo de negocio son las siguientes:

Articular la proposición de valor, esto es, el valor creado para los usuarios del modelo por el producto (bien y/o servicio) ofrecido usando la tecnología.

Identificar un segmento del mercado, para dichos usuarios el uso de la tecnología debe ser útil y la empresa debe obtener ingresos por el ofrecimiento de la misma.

Definir la estructura de la cadena de valor que la empresa necesita para crear y distribuir su producto y determinar los activos complementarios necesarios para apoyar la posición de la empresa.

Formular la estrategia a través de la cual, la empresa innovadora será más competitiva y obtendrá una ventaja sostenible.

Es por esto que los proyectos de negocios se hacen imprescindibles en la proyección exitosa de una empresa definiéndose como el conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas económicas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país para la producción de determinados bienes o servicios. El proyecto representa la base racional de la decisión de montar una empresa. Continuamente se registran importantes pérdidas en el sector público y en el privado por no escoger la mejor alternativa disponible o por llevar adelante iniciativas que nunca debieron pasar de la fase de estudio. No siempre se tiene un claro concepto de lo que es un buen estudio de proyecto de inversión, la contribución que pueda representar para colmar esas deficiencias, la técnica de preparación, presentación y evaluación de proyectos de inversión. Las dificultades que implica la realización de esta tarea, trata de unir en un todo coherente principios técnicos, con principios económicos y dentro

de estos últimos, conceptos sobre la economía de la empresa con conceptos relativos a los grandes agregados económicos (ONU, 1958).

La selección de proyectos con oportunidades de negocio se concibe como parte del problema del desarrollo industrial y se resuelve con ayuda del análisis inter industrial. Los proyectos de negocios deben juzgarse en función de sus relaciones con el resto de la economía.

Nunca ha sido más apremiante para la industria química y fermentativa, el imperativo de la investigación y el desarrollo, prácticamente toda industria siente el impacto tanto de la creciente competencia, basada en buena parte en la tecnología como del ritmo acelerado del desafío y el cambio tecnológico.

Gestionar estratégicamente una oportunidad de proyecto de negocio significa hacer bien tres cosas:

1. Identificar cuáles son las propuestas importantes para la actividad empresarial y para la corporación, de acuerdo al grado de madurez y al impacto competitivo de las mismas.
2. Dominar las principales tecnologías, con el fin de obtener una ventaja sostenida sobre la competencia.
3. Utilizar estas oportunidades de proyectos de negocios de modo eficaz, integrándolas con los otros factores de éxito de la actividad empresarial.

El grado de madurez de las distintas propuestas implicadas en un proyecto de negocio, su velocidad de cambio y el ritmo con que se llevan las tareas de cara a la finalización (quizás la velocidad de cambio en el mercado) constituyen guías útiles para seleccionar la estructura organizativa adecuada de la ejecución del proyecto de negocio en cuestión.

## **FUNDAMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA Y FERMENTATIVA**

Aunque en la medida que se toman decisiones más grandes y de mayor alcance, la cantidad de variables es más amplia y el factor económico es cada vez menos importante. Menos importante, porque hay otros factores a considerar (Jove; 1991), siempre habrá que realizar el análisis económico de inversiones incluyendo conceptos de valor presente, tasa interna de retorno, relación benéfico –costo que representan hoy en día, un conjunto de técnicas aceptadas universalmente que se basan en métodos de estimación técnico económico de inversiones (Perry y Chilton; 1973), (Peters y Timmerhaus; 1991) (González y Castro; 2012); para evaluar lo que se entiende por “ventajas y desventajas

económicas”, de cuáles son los antecedentes que sirven para determinarlas y de las técnicas necesarias para obtener y organizar esos antecedentes, constituyen una importante dirección de investigación.

Conviene advertir que la justipreciación económica significa estimaciones sobre el futuro, lo que inevitablemente supone riesgos en cuanto a la certeza de las previsiones. Algunos de los riesgos son asegurables, pero no lo son los que derivan de los errores de estimación en los varios aspectos que comprende el estudio del proyecto, y pueden ser de tal cuantía que conduzcan al fracaso aun cuando entre los costos se incluya una partida por este concepto, cabe recordar que no solo hay en el proyecto estimaciones en cuanto a costo, sino también en lo que le toca a la cuantía de la demanda, las posibles innovaciones técnicas, el gusto de los consumidores, los precios, entre otros.

Uno de los elementos esenciales para el desarrollo económico son las ideas de los hombres. La Innovación como el Conocimiento juegan un papel fundamental en el nuevo escenario económico, y ambos factores están muy interrelacionados. (Gibbson, M. 1992). Con convicción se puede afirmar que se transita en la Era de la Innovación, sinónimo de progreso, de desarrollo tecnológico, de creación de empleo y de mejora de las condiciones de vida. Como se ha dicho “la innovación y la tecnología juegan un papel primordial como motores del crecimiento económico” (OCDE, 1999), siendo el concepto de tecnología en un sentido amplio como “el conjunto de conocimientos científicos cuya utilización adecuada produce beneficios a la humanidad” (Avalos, G. 1994), (Gibbson, M. 1992).

La incertidumbre siempre está presente en las decisiones y al formularse una decisión debe reconocerse qué eventos son impredecibles. Frecuentemente, la incertidumbre está presente porque existen 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 (González; 2008).

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 sobre la aplicación de un algoritmo genético en la optimización de un reformador industrial (Rajesh, Gupta, Rangaiah y Ray; 2000). Como resultado de todo un esfuerzo en el contexto Internacional, se han publicado por la UNESCO documentos sobre el tema (Barba; 1994) (Martínez; 1999).

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 in-

versiones, esencialmente incrementados estos factores por los requerimientos de impacto ambiental. 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.

Es cierto que por muy estudiado que este, un proyecto no podrá contener los detalles relativos a todos los elementos que inciden en él, ni prever todas las dificultades que habrá que resolver en el terreno mismo, en cuanto a organización, puesta en marcha y funcionamiento. Pero el proyecto representa la base racional de la decisión de montar un negocio y ello explica la necesidad de que este lo mejor estudiado posible. Además los proyectos bien estudiados podrán contribuir a despertar interés por desarrollarlos y tendrán más probabilidades de atraer la atención de los posibles ejecutores justamente en la medida en que hayan sido bien elaborados y presentados.

Las deficiencias anotadas pueden deberse en gran medida a que no siempre se tiene un claro concepto de lo que es un buen estudio de proyecto de inversión, y a que no se cuenta con suficiente personal preparado para organizar, dirigir o inspirar los estudios necesarios. Es entonces imprescindible un procedimiento que pueda lograr una contribución para colmar esas deficiencias.

El problema de la prioridad de los proyectos individuales en función de los programas de desarrollo económico, los temas de la ejecución de proyectos, los conceptos básicos y las herramientas requeridas no son nuevos, así como tampoco son del uso exclusivo de un país o corporación en particular. Sin embargo, es necesario recopilar las ideas y experiencias desarrolladas con el objeto de facilitar la concientización de los detalles de los procesos de evaluación de oportunidades de negocios para poder visualizar las complejidades involucradas en el proceso, y se entiendan los nexos y las interfaces existentes entre cada actividad y las decisiones que las soportan.

Los temas, los conceptos y las herramientas que se deben considerar para el procedimiento de evaluación de oportunidades de negocios tiene el fin de enfatizar el enfoque de la ejecución de un proyecto como un proceso normalizado y el de la necesidad de pensar en equipo en todos los participantes en la formulación de una oportunidad de negocio para alcanzar las más altas metas de la eficiencia en un mundo tan cambiante como el actual (Rabassa, 2015).

Una característica de las producciones de la industria química y fermentativa es su potencial alto impacto al medio ambiente, así por ejemplo el desarrollo de las producciones de derivados de la caña de azúcar, induce un incremento en el nivel de contaminación, lo que en muchos casos ha sido un factor que ha frenado el desarrollo de estas producciones y con ello las demandas de conocimientos científicos inmediatos, por lo que se requiere una verdadera proyec-

ción en la búsqueda de tecnologías más limpias en el sector de generación de conocimientos.

El desarrollo de nuevas tecnologías y la transferencia tecnológica para los países receptores, puede implicar riesgos muy serios en el momento de seleccionar la tecnología más adecuada, es por ello que se deben valer de métodos que propicien la mejor selección, considerando no sólo factores técnicos, comerciales y económicos de la tecnología sino también de otros, como la respuesta a un mercado pequeño, a las restricciones de las materias primas, a la escasez de las habilidades y a la infraestructura subdesarrollada (González, 2003).

Por otro lado, no siempre los resultados científicos generados tienen un nivel de acabado necesario para la introducción en la práctica productiva en las condiciones actuales, debido a que por las limitaciones financieras y concepciones que deben superarse se han dedicado pocos recursos en el contexto latinoamericano al acabado necesario de los resultados para su transferencia al sector productivo (González, 2008).

En este contexto, la cooperación internacional requiere una actitud activa y no meramente receptiva, por lo que el diseño de políticas para la cooperación y la existencia de unas sólidas capacidades de gestión son los dos ingredientes necesarios para multiplicar los resultados tangibles e intangibles y para asegurar su rentabilidad e impacto, cuestión fundamental que hay que tener prevista para diseñar un modelo de cooperación en las condiciones actuales. La transferencia de tecnología y de conocimientos para la formación de recursos humanos a partir de la identificación de oportunidades de negocios con enfoque prospectivo, contribuye al desarrollo de una región, las empresas y consecuentemente logran un mejor vínculo Universidad – Empresa; de esta forma, y a través de una adecuada gestión tecnológica, se puede aplicar una política que responda de forma efectiva a la demanda tecnológica de una región (Galián, 2006).

El desarrollo de procedimientos y la valoración de experiencias exitosas de aplicación de los métodos científicos para una adecuada estrategia en el desarrollo y asimilación de tecnologías, ha evolucionado desde el análisis técnico económico de las mejores alternativas, incluidos los análisis dinámicos, hasta el concepto de lograr tecnologías más limpias, de seguridad ambiental y tecnológica, lo que reclama un mayor esfuerzo en la consideración de los problemas de incertidumbre de los procesos transformativos de la industria química y fermentativa lo que ha sido abordado en trabajos anteriores (González; 2005).

En la literatura científica internacional y nacional están disponibles los procedimientos propuestos de la experiencia Venezolana (PDVSA; 1999), el software CONFAR (ONU; 2001) y desde luego los métodos propuestos por

los clásicos de análisis de inversiones en la industria química con apoyo del diseño de los equipos (Perry; 2008) lo que conduce al diseño óptimo de las plantas químicas (Peters y Timmerhaus;1991), (Seyder, 1999) más recientemente presentada para la evaluación de inversiones destinadas a la obtención de etanol (González y Castro, 2012).

## **ESTUDIOS DE NUEVAS OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS**

La idea rectora en la actividad de una empresa es la de insertarse en el mercado de forma competitiva siendo las tecnologías los medios para fabricarlos y venderlos. El tipo de producto determina la naturaleza, gestión y cultura de la empresa, en cambio la caracterización de su tecnología de producción requiere de un cúmulo de informaciones sobre equipos, condiciones de trabajo, movimientos de materiales, etc.

La conducción de las empresas está fuertemente volcada al mercado y al cliente con alta velocidad de respuesta al cambio, esto requiere de una organización flexible, descentralizada con mucho trabajo en equipo. (Cunningham, 2000)

Las empresas que están analizando su ingreso al negocio deben determinar si tales productos se corresponden con su orientación estratégica básica y si pueden adaptar su cultura a la de las nuevas oportunidades de negocio. La diversificación hacia nuevos negocios requiere un conocimiento profundo de los usos finales del producto. Para adquirir este conocimiento es necesario: explotar avances tecnológicos: algunos negocios están basados en el desarrollo de nuevos materiales, explotar el know-how, explotar necesidades de mercado, joint venture (suman fortalezas y compensan debilidades).

Para materializar nuevas oportunidades de negocios se requiere una eficiente gestión del desarrollo de las empresas. Aún no se ha propuesto un modelo que integre las modelos desarrolladas hasta ahora con herramientas de gestión modernas. Según se ha definido que para realizar una correcta Gestión Desarrollo se apela a un conjunto de Herramientas, estas pueden resultar complementarias entre si y habrá que apelar a más de una según el caso (Cunningham, 1997).

Las herramientas para la Gestión de Desarrollo se han clasificado en ocho (Cunningham; 1997).

Las dos primeras herramientas son de carácter general en relación con el contexto general o escenario donde se desarrolla la empresa, el resto de las herramientas están relacionadas con el comportamiento del producto en el mercado poniendo énfasis en su competitividad y el resto vinculan al producto

con la empresa que lo está analizando incluyendo la compatibilidad existente entre ambos:

**Primera herramienta:** Conocimiento del escenario general en el que se desenvuelve tal gestión, existen cuatro modos de analizar el contexto.

**Modelo sectorial:** Conjunto de fuerzas competitivas que determinan oportunidades o amenazas en un dado sector industrial, según el modelo los cambios se producen principalmente por impulsos de fuerzas económicas y tecnológicas dentro del sector, que ocurren a ritmo desigual. Lo que la empresa debe hacer es implementar un adecuado sistema de inteligencia competitiva o banco de datos estratégicos, que provea en forma sistemática la mejor información posible del sector, en especial en relación con la competencia.

**Modelo cuantitativo:** Conjunto de recursos o de insumos y productos junto con organizaciones relacionadas con los mismos, el concepto insumo - producto es lo que da la tendencia a la cuantificación, estos recursos son entre otros, los humanos, naturales, tecnológicos, sociológicos, culturales, etc. Se le agregan también los eventos fuera de control (como los desarrollos tecnológicos, fenómenos naturales) y el ejercicio de acciones humanas como los cambios de políticas; con ello se incluye una alta dosis probabilística. Es por ello que en este modelo solo se pueden formular hipótesis. Lo que la empresa debe hacer en este modelo es desarrollar un banco de datos sobre recursos, probables tendencias e interrelaciones entre variables, y con tal soporte llevar a cabo ejercicios periódicos de prospectiva.

**Modelo sistémico:** El contexto de un sistema es todo lo que está fuera de él. En tal sentido se suele hablar de: a) cinco niveles de sistemas para el análisis: sistema de fuentes, de datos, de comportamiento, de estructura y un metasistema y b) cinco áreas de desarrollo externo relevantes para la empresa: desarrollos culturales y políticos, tecnológicos, socio-económicos, administrativo-estructurales y sectoriales y c) un modo sistémico de ver la realidad a través de una serie de capas concéntricas que van desde el centro del sistema observado hasta el mundo exterior. Lo que la empresa debe hacer es identificar a los participantes relevantes, seleccionar variables y elaborar escenarios basados en estos elementos, se amalgama así la incertidumbre sobre el futuro con la relativa cohesión que suelen tener las variables entre sí.

**Modelo estructural:** Conjunto de estructuras sociales, valores societarios y definición de roles que caracterizan a un determinado período, los cambios se producen a través de distintas transformaciones en las grandes tendencias de la sociedad como consecuencia de la aparición de los motores que los impulsan. Lo que la empresa debe hacer en este caso es prestar cuidadosa atención al

estado de evolución de la ola contemporánea a fin de liderarla, para adaptarse a la misma y no quedarse atrás.

**Segunda herramienta:** Análisis de tendencias empresariales.

El análisis de cada una de las tendencias empresariales permite conocer que significan en un estudio de oportunidades de negocios, en el contexto actual.

**Demanda del mercado.** La tendencia dominante tradicional ha sido la orientación al producto que tecnológicamente se podía fabricar con los recursos que ya existían en la empresa, es decir:

- a) Una menor consideración de las demandas cambiantes del mercado,
- b) Que la empresa vende lo que puede fabricar,
- c) Que se minimizan los gastos inversionistas para la obtención de nuevos productos

Las condiciones actuales y la demanda de ser más competitivo recomiendan una actitud más agresiva y dinámica, también influida por las nuevas exigencias del menor impacto ambiental. En ello se generan decisiones basadas en los requisitos y demandas del cliente, fabricando, en mejores condiciones ambientales, lo que se puede vender (y no lo que se puede fabricar), creando nuevos mercados, con la gestión del conocimiento en función del mercado con gran incidencia en la tecnología (en particular con apoyo de la Vigilancia Tecnológica).

**Diferenciación.** La diferenciación de los productos se manifiesta en cualquier aspecto de la gestión empresarial y se puede deber a diversos factores tales como:

- Tecnologías o costos
- Demanda asegurada
- Posicionamiento comercial
- Producto diferenciado intrínsecamente
- Alguna capacidad específica
- Servicio técnico.

**Integración aguas abajo.** La orientación aguas abajo de los productos obtenidos en los procesos industriales tiene especial incidencia en la matriz química de los países e incrementa los valores agregados de los productos debido a que productos obtenidos en los procesos primarios pueden ser utilizados como materias primas para nuevos productos de mayor valor agregado y con también orientarse a demandas emergentes del mercado, sustituir materias primas originales, encontrar tecnologías más limpias y con ello una mayor diferenciación y competitividad.

**Internacionalización.** El desarrollo competitivo y la globalización del conocimiento implican alianzas estratégicas para el desarrollo de nuevas tecnologías

cada vez más eficientes y limpias, donde la integración de procesos para el desarrollo “aguas abajo” puede estar en más de una instalación industrial que coopere internacionalmente.

**Concentración.** Es una forma de ejecutar las alianzas estratégicas entre empresas con una coordinación común que permite asegurar el cumplimiento de las estrategias particulares en beneficio de las estrategias globales.

**Tercera herramienta:** Evolución de la demanda. El índice de penetración del producto al mercado.

**Cuarta herramienta:** Evolución de los márgenes de utilidad del producto: a medida que transcurre el tiempo en el uso de una tecnología se va acrecentando el conocimiento y dominio sobre la misma.

Curva de experiencia o curva de aprendizaje: ello se traduce en una paulatina reducción del costo de producción.

La implementación de la gestión de calidad total en la empresa: contribuye también a la reducción de los costos, dicha reducción se produce en todos los sectores de la empresa. Al optimizarse la gestión en toda la empresa se eliminan trámites inútiles, se reducen fallas y reclamos y se gasta menos en acciones de control.

**Quinta herramienta:** Otros dos márgenes de utilidad.

El concepto clásico de margen de utilidad se entiende como la diferencia entre precio y costo total de producción, sin embargo cabe hablar de otros márgenes de utilidad, a saber:

- Por encima del costo total sin amortización (costo erogable)
- Por encima del costo variable

Estos dos nuevos márgenes de utilidad permitirán analizar la lucha competitiva del mercado.

El margen sobre el costo variable marca el límite por debajo del cual no pueden operar por mucho tiempo los rezagados a riesgo de quedar fuera del negocio, a su vez el margen sobre el costo erogable es el límite por debajo del cual las empresas líderes no están dispuestas a trabajar.

La banda entre ambos márgenes es la zona de lucha por la subsistencia en el mercado.

**Sexta herramienta:** Rentabilidad y utilización de la planta.

Aquí resulta interesante verificar si para este tipo de producto en estudio, no se dispone de información acerca de la rentabilidad del negocio en función del grado de utilización de las plantas de las empresas que lo fabrican. Se buscan

correlaciones experimentales entre el retorno sobre inversión y el grado de utilización de la planta, aquí existe un notable incremento de la rentabilidad a medida que la producción se aproxima a la utilización plena de la planta.

**Séptima herramienta:** El producto y su compatibilidad con la empresa.

El enfoque moderno comienza por un análisis de compatibilidad que se va efectuando en sucesivas etapas con creciente grado de detalle hasta dejar unos pocos productos a los que se aplica el estudio de rentabilidad.

El objetivo del análisis de compatibilidad es identificar unos pocos productos o grupos de productos afines que pueden agregarse a la línea de productos habituales de la empresa.

El método de trabajo consiste a su vez en identificar inicialmente una lista extensa de productos tal que pueda ir reduciéndose al efectuar el análisis de los mismos.

Una ayuda pueda constituir en tal sentido el listado de productos según su función de mercado, a fin reducir costos en el análisis, se recomienda utilizar dos o más etapas de filtrado a partir de los siguientes criterios:

- Tamaño y crecimiento del mercado para el producto en cuestión
- Número de competidores más importantes.
- Características generales de la tecnología involucrada.

Un segundo filtrado suele tener los criterios:

- Estimación aproximada de la rentabilidad
- Accesibilidad a la tecnología
- Problemas de contaminación

Para poder efectuar el filtrado hay que explicitar los criterios anteriores en factores específicos, una vez hecho ello:

- 1.- A cada factor se le fija una escala (por ejemplo ser tres niveles, 0; 0,5; 1)
- 2.- Se pondera cada factor según sea su importancia a juicio de la empresa (de modo tal que la suma de las ponderaciones sea igual a 100%)

A partir de allí se tiene la etapa de seguimiento consistente en:

- Detallado análisis de mercado y de comercialización.
- Detallado análisis del proceso de producción.
- Evaluación cuidadosa de otros factores relevantes tales como accesibilidad a materias primas.
- Disposiciones oficiales.
- Efectos sobre la competencia.
- Flujos de fondos, etc.
- Otros criterios son la carta de producto y perfil descriptivo del producto.

**Octava herramienta:** Análisis de entrada al negocio.

Parte del concepto de familiaridad de la empresa pero ahora lo hace con las tecnologías de comercialización y de producción involucradas en el producto seleccionado anteriormente en el análisis de compatibilidad. Se pueden distinguir siete estrategias de entrada al negocio:

- 1) Desarrollo interno: implica emplear los propios recursos y aplicarlos al desarrollo de la tecnología y comercialización.
- 2) Adquisición: por oposición al desarrollo interno que lleva años y una inversión significativa con futuro, eventualmente incierto, la adquisición es rápida y de costo inicial mucho menor.
- 3) Licenciamiento: el acceso a una tecnología vía licencias es una alternativa parcial a la compra de una empresa.
- 4) Generación interna: implica el establecimiento de una filial empresarial para la diversificación propuesta.
- 5) Joint venture: es el caso de la asociación con otras empresas que generan una nueva en la búsqueda del sinergismo que potencia fortalezas y amortigua debilidades.
- 6) Inversión societaria: participación accionaria en otra empresa.
- 7) Incorporación de expertos: útil en tecnologías emergentes.

## **CRITICA A LOS PROCEDIMIENTOS DISPONIBLES DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES PARA NUEVAS OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS**

*Los métodos clásicos de Análisis Técnico económicos de inversiones.* (Perry; 2008), (Peters y Timmerhauss; 1991).

El propósito es presentar los principios del diseño económico aplicado a los procesos y operación de ingeniería química, dejar claro las reglas más importantes y métodos generales para el diseño de plantas.

Analiza los factores que involucran el diseño de procesos, con particular énfasis en los procesos industriales y el trabajo de diseño. La variedad de costos que involucran los procesos industriales, el capital de inversión, estimación de costos, métodos óptimos de diseños económicos, entre otros, son tratados cualitativa y cuantitativamente. Además estudia los métodos y factores más importantes del equipamiento y diseño de plantas. Generalizando trabaja diseño estructural, coste de equipamiento, disposición de residuales que son incluidos a lo largo de los métodos de diseño de equipamiento de diferentes procesos.

El principal logro en esta etapa del conocimiento es haber combinado de forma muy efectiva los principios teóricos con la práctica industrial y se resumen a continuación:

- Evaluación económica preliminar de proyectos de inversión.
- Estudios de mercado
- Desarrollo de la data necesaria para el diseño final.
- Evaluación económica final.
- Diseño de ingeniería de detalle.

**Debilidades:** No se ajustan a temas actuales de macroeconomía, integración de producciones industriales, indicadores ambientales.

*CONFAR, 2001 (ONU)*

• **Posibilidades del procedimiento**

Es un programa de computación que sirve de apoyo a los estudios de proyectos previo-inversionistas, facilita la organización de datos, los cálculos y la preparación de informes sobre un desempeño financiero y económico. Costa de dos módulos esenciales: Análisis financiero y económico y Análisis de sensibilidad.

El modelo computarizado para análisis de viabilidad y presentación de informes, pretende ser una ayuda en el análisis de proyectos de inversión. El módulo principal del programa acepta datos económicos y financieros, prepara estados financieros y económicos, presentaciones gráficas y calcula índices de rendimiento. El programa se aplica al análisis de inversiones de proyectos nuevos y al análisis de expansión o rehabilitación de empresas existentes. Puede trabajarse bajo una variedad de supuestos relativos a inflación, revaluación de monedas e indexación de precios. Es muy efectivo en análisis de sensibilidad, se realiza para mostrar cómo los rendimientos efectivos netos o la rentabilidad de una inversión varían en función de las diferentes variables de entrada. Permite definir una TIR esperada o un VAN esperado, los cálculos terminan iterativamente hasta alcanzar el valor deseado. Realizan análisis paramétrico desde una gráfica.

• **Limitaciones**

No realizan un estudio de oportunidades de negocio con herramientas modernas para seleccionar la alternativa que mejor ayude a la diversificación de las producciones, solo lo hacen basados en criterios económicos, no tienen en cuenta las propuestas de los empresarios.

El programa no se ajusta a las realidades de la política y reglas de las legislaciones de un país en específico por lo que hay que hacer algunas salvedades cuando se ejecuta, que serán más efectivas en dependencia de la pericia del técnico que ejecuta.

- **Recomendaciones de mejoras**

Ajustarlo más a las realidades de la política de cada país y al entorno regional.

## **GUÍA DE GERENCIA PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN DE CAPITAL. (PDVSA, 1999)**

Los temas, los conceptos y las herramientas que propone la Guía de Gerencia para Proyectos de Inversión de Capital tiene un solo fin común: enfatizar el enfoque de la ejecución de un proyecto como un proceso normalizado.

- **Fortalezas del procedimiento.**

Claridad con objetivo del dueño: diseñar para capacidad requerida, selección de la tecnología, constructibilidad, mantenimiento preventivo, simplificación.

- Plan de ejecución de proyectos

- Revisión de la ingeniería del valor

- Análisis y gerencia del riesgo

- Congelamiento del proyecto

- Control de varianzas

- Proyecto motorizado por requerimiento del dueño.

- **Limitaciones**

- La calidad de la gestión no es uniforme ni constante.

- El rendimiento del proyecto y su grado de cumplimiento de las expectativas del negocio solo se describen a grandes rasgos por considerarlas responsabilidad absoluta del dueño.

- No tienen en cuenta términos como reutilización, reconversión.

- No poseen una gestión de desarrollo encaminada a discernir estudios de oportunidades de negocios.

- Recomendaciones para su perfeccionamiento

- Realizar estudios de demanda del producto

- Integrar los análisis medioambientales enfocados al análisis de procesos.

## **PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE PROCESOS SOSTENIBLES DE LA AGROINDUSTRIA CUBANA (PÉREZ; 2012)**

### **• Fortalezas del procedimiento.**

Obliga desde el proceso de estimación de los costos inversionistas a profundizar en el conocimiento fenomenológico de las tecnologías para el diseño del equipamiento, minimizando la subjetividad en el análisis.

Permite seleccionar dentro de un conjunto de alternativas aquellas alternativas óptimas desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social.

### **• Limitaciones**

No se tiene en cuenta con la profundidad necesaria los estudios de mercado, tecnologías y equipamiento.

No se realiza un análisis de la dependencia entre los procesos en su integración.

No tiene en cuenta un análisis y selección de oportunidades de negocio en las empresas.

### **• Recomendaciones para su perfeccionamiento**

Se debe identificar desde el estudio de mercado las necesidades y prever en lo posible la duración de esta oportunidad para poder poner los límites temporales que debe cumplir esta.

Poseer información de la prospectiva y perspectiva de la industria o territorio bajo análisis.

## **METODOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, COLOMBIA (ACEVEDO; 2012)**

### **• Fortalezas del procedimiento**

Incorpora el Análisis de Ciclo de Vida a una metodología de análisis inversionista tradicional.

### **• Limitaciones**

No cuenta con estudios de oportunidades y selección de productos para un negocio determinado, ni hace referencias a criterios de selección para tamizar las mejores propuestas.

### **• Recomendaciones para su mejora**

Consideración de la exergía.

## ANÁLISIS DE LOS APORTES DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICAS

La preocupación y la exigencia por los problemas medio ambientales en el mundo han crecido en los últimos años, en particular en las últimas tres 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 crecimiento económico solo puede ser alcanzado si se protege el Medio Ambiente.

Debido a que 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 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.

Por ello, las empresas han instrumentado políticas y programas de Gestión Ambiental y se ha hecho necesario perfeccionar la evaluación de la calidad de los sistemas de Gestión Ambiental, introduciendo por un lado los adelantos de la ciencia y la técnica, así como incorporando métodos para minimizar las imprecisiones en las evaluaciones de los expertos.

Las estrategias han incluido el desarrollo de herramientas en algunos casos, para evaluación de la contaminación, otras para su minimización. Así, variados esfuerzos se han realizado para medir el impacto ambiental de los sectores productivos, en los que resaltan entre otros: el estudio del impacto del uso de biodiesel o el diesel de petróleo en los ómnibus urbanos (Sheenan et al; 1998), la evaluación de la agresividad industrial en Colombia (Castillo; 2000); el análisis del impacto ambiental mediante análisis de ciclo de vida de sistemas de producción de energía de biomasa (Fazio, Monti; 2011).

Es una contribución importante en la evaluación de propuestas inversionistas derivadas de las oportunidades de negocios, la metodología integradora de evaluación de los costos y los impactos ambientales (Santos; Goncalves; 2009) de procesos industriales, así como el análisis de ciclo de vida “cuna a cuna”, como un elemento que se incorpora a los análisis tradicionales de inversión para la selección de tecnologías (Acevedo; 2012) y que indudablemente permite brindar un enfoque multicriterio a la evaluación de inversiones por lo que debe ser considerado en un procedimiento de evaluación de inversiones para oportunidades de negocios a tono con las exigencias actuales.

Por otro lado, se ha planteado en los propios medios de aplicación de las Normas ISO 14001, la importancia del Eco diseño en el impacto ambiental durante el ciclo de vida del producto (James; 2000) siendo en esta dirección aconsejable en los estudios de impacto ambiental, como en los técnico económicos la consideración de los diseños de los equipos tecnológicos, de los esquemas

de procesos (Pérez; 2012) incluyendo factores de incertidumbre de diseño y de disponibilidad de equipos (Rosa et al; 2003 ), así como el uso de sistemas de indicadores de comportamiento Medio Ambiental, pues como se ha dicho, “coloca a las empresas en la posición de identificar los potenciales de mejoras no tan sólo ecológicas, sino también de eficiencia económica”(Opierzynski, Rauschenbach; 2000).

De idéntico modo, como se conoce, la importancia de los problemas energéticos en la evaluación de inversiones ha incrementado su importancia a partir de las crisis de los combustibles fósiles, por lo que en los análisis inversionistas es adecuado también considerar las mejores alternativas tecnológicas desde el punto de vista energético, para lo cual se han reportado estudios como el análisis exergético de la producción de etanol de bagazo de caña de azúcar (Ojeda et al; 2010), la comparación de los métodos de transesterificación de biodiesel desde aceites vegetales (Demirbas;2007), entre otros estudios.

## **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA INCREMENTAR LAS POSIBILIDADES DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS**

Estrategia general para evaluación de oportunidades de negocios.

1. Propuesta de nuevas producciones o servicios.
2. Evaluación de las instalaciones existentes (situación técnico-económica al inicio del Análisis Complejo de Procesos) (González, 1991)
3. Determinar la ruta química
4. Diseño de los procesos tecnológicos.
5. Evaluar las acciones de reconversión y/o asimilación en cada instalación.
6. Jerarquización de las inversiones.

El procedimiento general propuesto para incrementar las posibilidades de evaluación y seguimiento de las oportunidades de negocios en la industria química y fermentativa se presentan en el diagrama heurístico que se muestra en la Figura 3.1. En el mismo se presentan todas las fases que recoge el procedimiento partiendo de la concepción de la propuesta de oportunidades de negocio de los técnicos de las empresas, elemento que se tiene en cuenta por primera vez, en los procedimientos estudiados y presentados, en las propuesta anteriormente existen determinadas limitaciones, por ejemplo, no tuvieron en cuenta las propuestas de los empresarios, en todas las revisadas por la literatura, no se tiene en cuenta con la profundidad necesaria los estudios de mer-

cado, tecnologías y equipamiento, no se realiza un análisis de la dependencia entre los procesos en su integración (Pérez, 2012), este trabajo comienza con un debate en plenaria con los técnicos de las empresas donde socializan sus inquietudes técnicas y se conforman sus ideas como primeras propuestas de oportunidad para un negocio, inversión y/o remodelación de un proceso, producto, bien o servicio en cuestión, otro aspecto novedoso que aparece es la integración del uso de herramientas para determinar las oportunidades de negocio según Gestión de Desarrollo (Cunningham, 1997) en estas herramientas aparecen de forma general un amplio estudio de mercado, con énfasis en la demanda de productos para facilitar el éxito del negocio, donde se concientiza a todos los niveles de una visión global del negocio, dentro de cuyos límites se analiza, se planifica en función de la demanda el producto que se lanzará al mercado, mejorando la calidad de la decisión relativa a la procedencia o no de la inversión o negocio propuesto, además de enriquecer y fomentar una malla de productos químicos que garanticen el desarrollo territorial donde se enmarque la investigación; se define una ruta química en función de la tecnología propuesta y en el estudio que se realiza en esta primera fase se tamizan las posibles tecnologías que puedan resolver el problema en cuestión detectando los puntos neurálgicos de cada una para que puedan ser utilizadas en dependencia de las características de cada situación, se desarrollan en primer lugar los criterios para seleccionarla que justamente parten de las oportunidades y limitaciones que envuelven el proyecto, evalúa la tecnología, conjuntamente con la rentabilidad de las opciones. Se supera la concepción de que el dueño es el único responsable de la confiabilidad y rendimiento de la tarea, dando la responsabilidad al colectivo interdisciplinario que desde un primer momento responden ante el cumplimiento exitoso del proyecto a tratar.

**Procedimiento de trabajo.** Comienza por la propuesta de los empresarios, de aquí surge un análisis y selección de oportunidades de negocio según herramientas modernas de la Gestión Desarrollo. La primer herramienta es: Análisis de contexto, aquí se desarrollan cuatro modelos a saber: modelo sectorial (lo que la empresa debe hacer es implementar un adecuado sistema de inteligencia y competitivo o un banco de datos), modelo cuantitativo (lo que la empresa debe hacer es desarrollar un banco de datos sobre recursos, probables tendencias e interrelación entre las variables), modelo sistémico (lo que la empresa debe hacer es identificar a los participantes, seleccionar variables y elaborar escenarios basados en estos elementos) y modelo estructural (lo que la empresa debe hacer es prestar atención al estado de evolución de la ola contemporánea a fin de liderarla). La segunda herramienta es: Análisis de tendencias empresariales, esta tiene cinco aspectos fundamentales que son orientación al mercado, diferenciación, integración aguas abajo, internacionalización, concentración,

luego se pregunta si existe una oportunidad de materia prima, producto, mercado y tecnología según estos cinco aspectos; si es no entonces se deben tomar acciones para resolver estos aspectos y se vuelve a hacer la pregunta y si es sí se pasa a la tercera herramienta: Evolución de la demanda y se pregunta si hay demanda del producto si es no entonces se va a la formulación de una nueva oportunidad de negocio, si es sí se continúa a la cuarta herramienta: Evolución de los márgenes de utilidad del producto, aquí se aplican la curva de la experiencia y se implementa el principio de calidad total para reducir los costos y se pregunta si se reducen estos, de ser negativa la respuesta se deben tomar acciones que contribuyan a reducir estos y se vuelve a hacer la pregunta, de ser positiva se pasa a la quinta herramienta: Otros dos márgenes de utilidad, aquí se calculan el costo total sin amortización y el costo por encima del costo variable, se pregunta si cumple con los requisitos de los costos y si es no se toman acciones para resolver este ítem, si es sí se pasa a la sexta herramienta: Rentabilidad y utilización en planta, aquí se trata de determinar las correlaciones experimentales entre el retorno sobre inversión y el grado de utilización de la planta, se pregunta si es rentable, si la respuesta es no entonces deben tomarse acciones como aumentar la capacidad en planta, buscar más integración aguas abajo entre otras, se repite la pregunta y si es positiva entonces se pasa a la séptima herramienta: El producto y su compatibilidad con la empresa, aquí se pregunta si pasa por el primer filtrado, donde aparecen el tamaño y crecimiento del mercado para el producto en cuestión, número de competidores más importantes, características generales de la tecnología involucrada, si no pasa por este filtrado entonces se toman acciones para resolver esto y se vuelve a preguntar, de ser positivo se pasa al segundo filtrado donde se realiza una estimación de rentabilidad, se trata sobre la accesibilidad a la tecnología así como la accesibilidad medio-ambiental, de no pasar por este filtrado entonces se toman acciones para resolver esto y se vuelve a preguntar, de ser positivo entonces se pasa a una etapa de seguimiento donde se realiza un análisis detallado del mercado y de la comercialización, del procesos de producción, evaluación cuidadosa de otros factores relevantes como accesibilidad a materias primas, disposiciones oficiales, efectos sobre la competencia, flujos de fondos, etc, se presentan luego las cartas del producto, así como el perfil descriptivo del producto, una vez concluido esta herramienta se pasa a la octava: Análisis de entrada al negocio, aparecen entonces siete estrategias fundamentales por preguntar como son: desarrollo interno, adquisición, licenciamiento, generación interna, joint - venture, inversión societaria, incorporación de expertos, se pregunta ahora si cumple con estas estrategias, de no ser así entonces hay que buscar otra propuesta de negocio de los empresarios, de ser positiva entonces ya existe una oportunidad de negocio la cual pasa a la fase de visualización de

la información, la idea aquí es que se visualicen desde un principio todas las complejidades involucradas en el proceso, y se entiendan los nexos y las interfaces existentes entre cada actividad y las decisiones que las soportan, una vez analizado esto, en el caso de constituir un producto pasa a formar parte de la malla de productos químicos que se va a proponer, si fuera un servicio entonces de igual manera se trabajara solo que con las peculiaridades de esa opción, se determina la ruta química y se pregunta si existen restricciones tecnológicas, de ser negativa se va a la malla de productos químicos y se toma otro, de ser afirmativa la respuestas se pregunta si está disponible la tecnología de ser negativa se va a la malla de productos químicos y se toma otro, si es positiva se pregunta si hay ecuaciones para el diseño fenomenológico del equipamiento, si la respuesta es no entonces se deben desarrollar las disciplinas científicas para desarrollar investigaciones de base y poder ir al diseño del proceso al igual que en la caso de que la respuesta sea positiva, si existiera disponibilidad del equipamiento se pudiera ir a una reconversión si no lo hubiera entonces sería necesario una asimilación de tecnología con el correspondiente calculo y diseño de nuevos equipos y pasar en ambos casos a seleccionar la tecnología propiamente dicha, luego se ordenan las inversiones de forma lógica, se prepara el cronograma de inversiones según consideraciones del desarrollo local donde se pretende desarrollar esta oportunidad de negocio, se determina la ruta crítica de la inversión, así como el tamaño y localización del proyecto, se estima la incertidumbre en la disponibilidad de la materia prima, continua la fase de desarrollo preliminar del proyecto y se pregunta si es factible el proyecto de ser negativo se vuelve a la malla de productos a buscar otra oportunidad de negocio, esta factibilidad debe integrar de forma armónica los ya conocidos factores tradicionales técnico-económicos de Peters y Timmerhauss, (1991), los factores energéticos, ambientales sustentables y los riesgos tecnológicos, si es positivo se elabora el informe y se pasa al control de oportunidades de negocio según propuesta para desarrollo local del municipio donde está enclavada esta oportunidad.

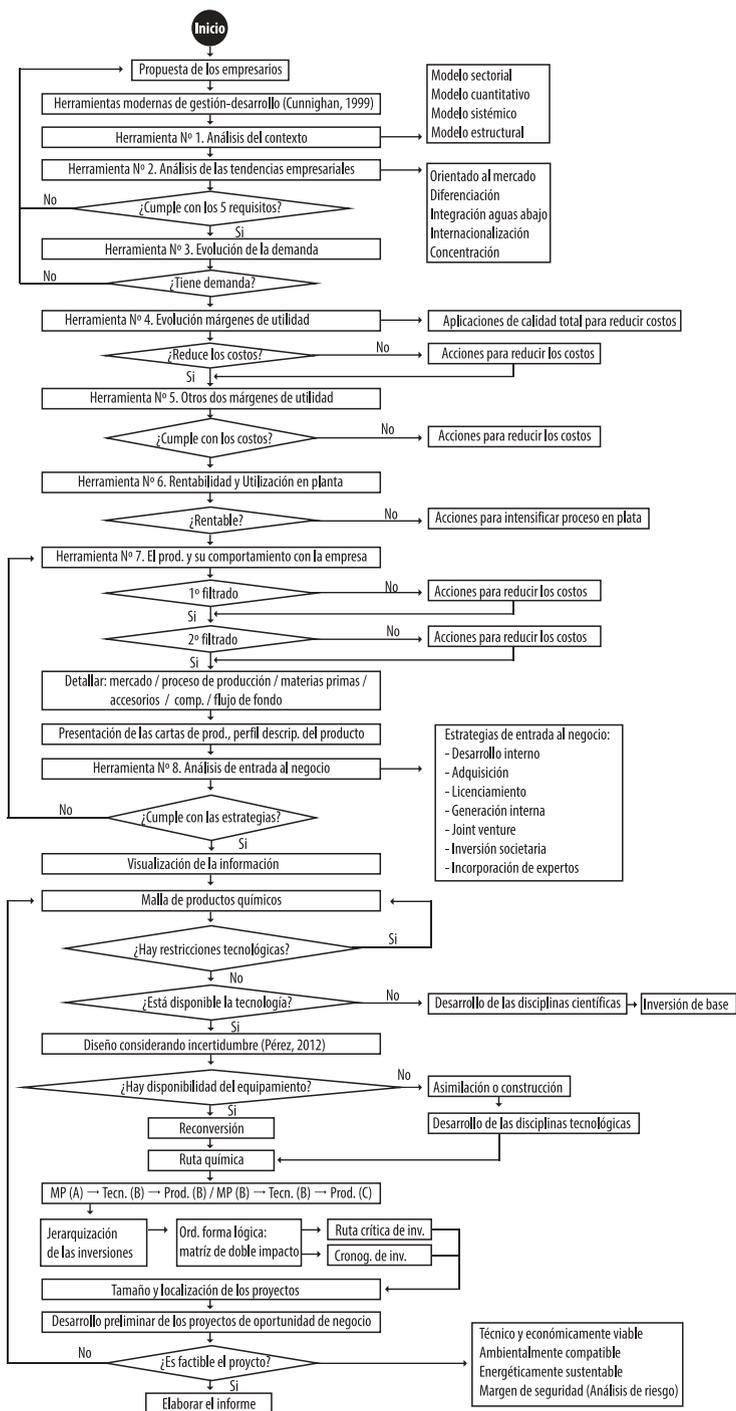


Figura 3.1.: Diagrama heurístico del estudio de oportunidades de negocios.

## CONCLUSIONES

1- Las consideraciones metodológicas para el estudio de oportunidades de negocio en la industria incluyen las propuestas de modelos de negocios internacionales y los nuevos avances en esta materia.

2- Un procedimiento para la evaluación de oportunidades de negocios en la agroindustria debe integrar a los métodos establecidos los avances en materia de métodos de evaluación.

3- Es necesario integrar en el procedimiento de forma armónica a los factores económicos, los ambientales, los energéticos y de seguridad tecnológica.

4- Se requieren incorporar con un paso más a un procedimiento de evaluación de oportunidades de negocios en la agroindustria las ocho herramientas que se han propuesto para Gestión de Desarrollo, así como las propuestas de los empresarios en función de las características territoriales, y el nivel de jerarquización de estas propuestas de proyectos de negocios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, Paola (2012)

Herramienta de análisis de alternativas de producción, incorporando el ACV “Cuna a Cuna” a los métodos tradicionales. Comparación de Biodiesel de Palma e Higuierilla. Tesis en opción al Grado Científico de doctor en Ingeniería Química. UIS. Colombia.

Amit, R. y Zott, C. (2001)

“Value creation in e-Business”. Strategic Management Journal. 22, pp: 493-520.

Afuah, A. y Tucci, C. (2001)

Internet Business Models and Strategies, Irwin/McGraw Hill, Nueva York. Amit y Zott (2001: 511)

Avalos G, Ignacio (1994)

Transferencia de Tecnología. En: E. Martínez (Ed) Ciencia, Tecnología y Desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas. Nueva York Sociedad, UNU, UNESCO, CEPAL; ILPES, CYTED, Caracas.

- Barba-Romero, S. (1994)  
Evaluación multicriterio de proyectos”. En Ciencia, Tecnología y Desarrollo: Interrelaciones teóricas y metodológicas. Editorial Nueva Sociedad. Caracas.
- Castillo, E. (2000)  
Modelo matemático para la evaluación de la agresividad ambiental de sectores industriales colombianos. Tesis doctoral. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga.
- Chesbrough, H. y Rosenbloom, R. S. (2002)  
“The Role of The Business Model in Capturing Value from Innovation: Evidence from Xerox Corporation’s Technology Spinoff Companies”, Industrial and Corporate Change, vol. 11 (3), pp: 529-555.
- CONFAR (2001)  
Metodología de análisis de inversión, ONU.
- Cuningham, R. (1997)  
Análisis y Selección de Oportunidades de Negocio en la Empresa Moderna. Ciencia y Tecnología por un Desarrollo Sostenible, Buenos Aires, Argentina.
- Cuningham, R. (2000)  
El proyecto y su inserción en la empresa. Ciencia y Tecnología por un Desarrollo Sostenible, Buenos Aires, Argentina.
- Demirbas, Ayhan (2007)  
Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats. Energy Conversion and Management 1: 1-6.
- Fazio, S.; Monti, A. (2011)  
Life cycle assessment of different bioenergy production systems including perennial and annual crops. Biomass and Bioenergy 35 4868-4878.
- Galián, C. E.; González Suárez, E.; Morales Zamora, M. (2006)  
Aplicación del análisis de procesos en la asimilación de nuevas tecnologías en la industria química. Centro Azúcar. Vol. 33. N° 1. p. 30-34 . Santa Clara. Cuba. ISSN: 0253-5777.

Gibbson, M. (1992)

The Industrial-Academic Research Agenda. En: Thomas. G. Whiston and R. Gerger (Ed.) Research and Higher Education. The Society for Research into Higher Education & Open University Press, London

González, E, Castro, E. (Editores) (2012)

“Aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar en el concepto de bio-refinería”. Editorial Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo. Jaén, España. ISBN: 978-84-8439-609-3.

González Suárez; E. (1991)

Aplicación del análisis Complejo de procesos a la intensificación de diferentes industrias de Cuba. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias.UCLV. Cuba.

González, E. (Editor) (2005)

Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica. Editorial Científico Técnica., La Habana. pp 263. ISBN: 959-05-0377-2 (Premio al libro científico del Instituto del Libro y la ACC 2003 y Premio de la Critica Científica 2005).

González Suárez, E. (2008)

Los problemas de incertidumbre en el desarrollo diversificado integrado de la industria de la caña de azúcar. (p. 54). Centro Azúcar 4 del 2008. ISSN: 0253-5777.

González Suárez, Erenio (2003)

María del Carmen Velasco, María T. Hernández Nodarse. Transferir Conocimientos. Ciencia, Innovación y Desarrollo. V (8), Nº 1. ISSN 1023-1722.

PDVSA (1995)

Guía de Gerencia para Proyectos de Inversión de Capital.

James, P. (2000)

“State of the Arte Developments in Environmental Management Tools”. Business, Eco-Efficiency and sustainable Development” The role of Environmental Management Tools”. An International Workshop organised

by INETI. Portuguesee Directorate-General of Industry and the European Commission”.Lisbon 1-3 march 2000. 30-35.

Jove; N. (1991)

Discrepancias entre la teoría y la práctica del análisis económico de decisiones. En Tópicos en Carrasquero, N. M. Torres. Ingeniería de Gestión. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas. ISBN:980-00-0528-5.

López Sánchez, J. I. y Sandulli, F. D.

Líneas de Investigación en la Administración de Negocios en Internet. “Una Aproximación al Estado de la Cuestión”, comunicación presentada al XI Congreso Anual de ACEDE (2001)

Machado López, Jaime. Erenio González Suárez, Juan B. de León Benítez, Carlos E. Galián (2007)

La Gestión de Proyectos en la gerencia de conocimientos para el uso de la biomasa como fuente de productos químicos y energía. Centro Azúcar 34(1):47-55, Enero -marzo, 2007.47-55. ISSN: 0253-5777.

Mahadevan, B. (2000)

“Busiess Models for Internet-Based ECommerce: An Anatomy”, California Management Review, 42, 4, pp: 55-69.

Martínez, E. (1999)

“Evaluación y decisión multicriterio. Reflexiones y Experiencias. Editorial de la Universidad de Santiago. UNESCO.

OECD (1999)

Business Incubation. International Case Studies. París.

Ojeda; K., E. Sanchez; V. Kafarov. (2010)

Sustanaible ethanol production from lignocellulosic biomass- Aplicacion of exergy analysis. Energy.

ONU. (1958)

Manual de Proyectos de Desarrollo Económico.

Opierzynski, Ralf. Peter Rauschenbach (2000)

“Environmental Performance Indicator systems as a tool for efficient environmental management –practical experiences”. Proceedings

of the International Symposium on Green Productivity and Environmental Management in SMEs. 1-5 September 2000, 75-88. Hanover, Magdeburg, Germany

Oquendo Ferrer, Hilda; Erenio González Suárez; Mary Lopretti; Miguel Laborde (2001)

Decisiones en la diversificación azucarera Revista de la Sociedad Química de México. ISSN 0583-7693. Vol 46, Número Especial. 325.

Pérez Martínez, Amaury

“Procedimiento metodológico para el diseño de process sostenibles de la agroindustria cubana. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, UC. 2012.

Peters, MS (1991)

Timmerhaus KD Plant Design and Economics for Chemical Engineers. McGraw-Hill Chemical Engineering Series. Singapore.

Perry, RH, Chilton, CH. (1973)

Chemical Engineering Handbook. McGraw-Hill Books Company.

Perry, RH; Chilton, CH. (2008)

Chemical Engineering Handbook. McGraw-Hill Books.

Rabassa Olazábal, Glenia; G. E. González; A. Pérez, V. González (2015)

Necesidades, limitaciones y proyecciones de los estudios de oportunidades de negocios en la industria azucarera. Centro Azúcar 42(3), ISSN: 2223 - 4861.

Rajesh, J.K.; S. K. Gupta; G. P. Rangaiah; A. K. Ray (2000)

Multi-objective optimization of industrial steam reforming process using genetic algorithm for efficient operation”. CHISA 2000, 254. Praga, 27-31 Agosto

Rosa Domínguez, E.; Erenio González Suárez; Ulrich Hauptmanns (2003)

La fiabilidad de los equipos en el diseño de una instalación para la producción de bioetanol, /35. Centro Azúcar 1, ISSN: 0253-5777.

Santos da Silva, P.R.; Goncalves, F. (2012)

An integrated methodology for environmental impacts and costs evaluation in industrial processes. *Journal of Cleaner Production* 17: 1339-1350, 2009. Paola Acevedo.

Seider, W. D.; Seader, J.D.; Lewin, D. R. (1999)

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

Sheenan, J., *et al.* (1998)

Life cycle Inventory of biodiesel and petroleum diesel for use in an urban bus. Estados Unidos: U.S. Department of Energy.



La solución de los problemas del desarrollo sustentable en la industria química y fermentativa exige optimizar recursos disponibles para elegir la mejor opción de que hacer y como.

Fruto de la experiencia acumulada, permítasenos con esta obra aportar nuestro granito de arena.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MISIONES

---

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