

# 48

Fecha de presentación: diciembre, 2020

Fecha de aceptación: febrero, 2021

Fecha de publicación: marzo, 2021

## GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

EN LA PROYECCIÓN CIENTÍFICA DE LA INDUSTRIA QUÍMICA MEDIANTE DISEÑOS EXPERIMENTALES

### KNOWLEDGE MANAGEMENT IN THE SCIENTIFIC PROJECTION OF THE CHEMICAL INDUSTRY THROUGH EXPERIMENTAL DESIGNS

Diana Niurka Concepción Toledo<sup>1</sup>

E-mail: [dianac@uclv.edu.cu](mailto:dianac@uclv.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4432-140X>

Erenio González Suárez<sup>1</sup>

E-mail: [erenio@uclv.edu.cu](mailto:erenio@uclv.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5741-8959>

Eduardo Julio López Bastida<sup>2</sup>

E-mail: [kuten@ucf.edu.cu](mailto:kuten@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8503-3025>

Fernando Ramos Miranda<sup>2</sup>

E-mail: [framos@ucf.edu.cu](mailto:framos@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0601-6228>

<sup>1</sup> Universidad Central "Marta Abreu de Las Villas" Santa Clara. Cuba.

<sup>2</sup> Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez. Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Concepción Toledo, D. N., González Suárez, E., López Bastida, E. J., & Ramos Miranda, F. (2021). Gestión del conocimiento en la proyección científica de la industria química mediante diseños experimentales. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 446-451.

#### RESUMEN

En este trabajo se fundamenta la importancia que tiene la gestión del conocimiento para la proyección científica que requiere la solución a los problemas que se presentan en la industria química, con la que se contribuye a minimizar la incertidumbre en el desarrollo, diseño e intensificación de sus procesos. Se refuerza el criterio que en el proceso de análisis y síntesis de los problemas, constituye un arma fundamental el diseño experimental como una poderosa herramienta que contribuye a la disminución de los gastos por concepto de recursos materiales, financieros y una considerable reducción del tiempo en la investigación, aspecto que se traduce en un acortamiento en los plazos para la obtención de resultados y favorecer la toma de mejores decisiones. Todos estos elementos están en correspondencia con las exigencias que hoy requiere el desarrollo económico del país.

**Palabras clave:** Gestión del conocimiento, diseños de experimentos, industria química.

#### ABSTRACT

This work supports the importance of knowledge management for the scientific projection that requires the solution to the problems that arise in the chemical industry, with which it helps to minimize the uncertainty in the development, design and intensification of its processes. The criterion is reinforced that in the process of analysis and synthesis of the problems, experimental design constitutes a fundamental weapon as a powerful tool that contributes to the reduction of expenses for material and financial resources and a considerable reduction of time in the research, an aspect that translates into a shortening of the deadlines for obtaining results and favoring better decision-making. All these elements are in correspondence with the demands that the economic development of the country requires today.

**Keywords:** knowledge management, experiment designs, chemical industry.

## INTRODUCCIÓN

Como parte de las estrategias para la actividad científica y tecnológica en la industria química, es importante tener en cuenta que la investigación, aplicación y difusión de los resultados que a partir de ellas se obtengan, constituyen un proceso social.

En cada uno de estos procesos es preciso reconocer que en ellos inciden no sólo los aspectos técnicos, económicos y financieros, sino que en igual medida, se toma en consideración las demandas y necesidades y los posibles impactos en el plano económico, social y ambiental que se generan con la aplicación de cada uno de los resultados que se derivan en su puesta en práctica.

Este aspecto se evidencia durante la etapa de desarrollo tecnológico, la que puede definirse como el proceso que, al tomar como base los trabajos de investigación, desarrollo e ingenierización, al interactuar con ellos y tener en consideración la necesidad social, así como las demandas actuales y potenciales de mercado, sirve de base para mostrar las posibilidades de aplicación práctica y económica de estos conocimientos, que facilitan la información requerida para los proyectos y diseños de ingeniería.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo tecnológico, para ser llevados a escala industrial deben tomar en consideración e igualmente ser avalados, 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; en el trabajo de ingeniería como tal no persigue investigar, buscar nuevos conocimientos, sino utilizar los ya establecidos e integrarlos en la búsqueda de soluciones técnicas y económicas a problemas planteados por la sociedad.

En la literatura se reconoce que el principal acicate para la innovación es la apropiación de conocimientos tecnológicos. El cambio tecnológico involucra un proceso complicado y costoso que merece ser reducido (González & Miño, 2015).

La asimilación de una nueva tecnología requiere su evaluación en el menor tiempo posible empleando criterios y métodos de evaluación. Para su evaluación, los inversionistas se plantean preguntas que favorecen el proceso de selección de la mejor tecnología, que no siempre pueden ser respondidas con la información técnica disponible, y en algunos casos ni por acciones de la vigilancia tecnológica.

Ante esta realidad, se hace necesario considerar que en la industria química y fermentativa como en otros sectores industriales, la mejor decisión es aquella que presenta ventajas tangibles para la competitividad empresarial y ello requiere la cuantificación de los resultados estimados de cada alternativa con el menor nivel de incertidumbre.

Sin embargo, la dinámica en que en la actualidad se desarrollan las investigaciones y el acortamiento del recorrido para la aplicación práctica de los resultados científicos, hace que se recurra cada vez más a la ciencia y sus resultados como instrumento fundamental para el desarrollo de las fuerzas productivas de la sociedad y su consecuente impacto en la vida social.

Estos antecedentes hacen necesario considerar las siguientes premisas:

1. En las condiciones actuales y futuras se avizora una demanda creciente de la información científico técnica necesaria para la asimilación y desarrollo de nuevas tecnologías.
2. Es necesario incrementar aceleradamente la capacidad de obtención y procesamiento de información contando con el respaldo de la actividad del potencial humano capacitado y los resultados obtenidos a nivel de laboratorio.
3. Se requieren explorar vías más idóneas, desde el punto de vista metodológico que contribuyan a minimizar los gastos durante la investigación.

## DESARROLLO

La introducción de las innovaciones tecnológicas en el caso específico de la industria de procesos químicos, de acuerdo al criterio de González (2005), está vinculada al desarrollo de las operaciones unitarias y la ingeniería de las reacciones químicas, pues las etapas claves de todo proceso que se desata en esta industria son las 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 circunscritas a ella, por el impacto que tiene, desde el punto de vista económico, cultural, social que incide finalmente en 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 se

desarrollan en esta industria, constituyen un elemento que puede contribuir a su desarrollo exitoso.

El empleo del conocimiento con una visión estratégica en el contexto de la industria química es la misión fundamental de su comunidad científica. Para 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 por parte de los gobiernos.

De cualquier modo, el desarrollo competitivo de las empresas de esta industria tendrá que llevarse a cabo con un nivel de riesgo y anticipación que podrán disminuirse en la medida que se despeje la incertidumbre en cualquiera de sus manifestaciones. En la práctica de ingeniería, muchos de los problemas de incertidumbre en los datos de diseño se resuelven a través de los estudios a escala de planta piloto o tomando valores industriales de instalaciones similares ya existentes.

Cuando se desarrollan nuevos procesos industriales, partiendo de procedimientos de laboratorio, se acrecientan las dudas para el diseño de la instalación industrial, toda vez que operaciones de manipulación de fluidos, calentamiento o separación, por solo citar algunos, se ejecutan en muchas ocasiones en el laboratorio mediante procedimientos impracticables industrialmente, por lo que deben proyectarse soluciones de ingeniería en el escalado industrial de estos procesos tecnológicos, que necesariamente tendrán una gran incidencia en la factibilidad y viabilidad técnica, económica y comercial del proceso estudiado (González, 2005).

Por todo lo anterior, considerar la incertidumbre en el diseño y escalado de los procesos de la industria química y fermentativa se convierte en un problema cardinal de la ingeniería de procesos. Encontrar solución a esta problemática constituye una necesidad para la cual existen bases científicas que posibilitan enfrentar este reto.

Los problemas de incertidumbre en la ingeniería de procesos, así como los principios metodológicos para su consideración en el diseño de nuevas instalaciones fueron ordenados por Rudd & Watson (1968), en cuatro aspectos fundamentales:

- Los relacionados con la determinación del mejor ajuste del diseño un proceso a los cambios futuros.
- Los concernientes a los datos de diseño de los equipos.
- Los relacionados con la consideración de las fallas operacionales de los equipos componentes del proceso tecnológico el diseño de instalaciones completas.

- Los relacionados con el efecto de los cambios en el entorno en el diseño y operación de instalaciones de procesos químicos.

Estos aspectos justifican que en muchos casos, antes de diseñar la instalación para un proceso industrial, se invierta en estudios encaminados a minimizar los puntos neurálgicos en la incertidumbre de los nuevos procesos industriales.

El efecto de la variación en el estimado utilizado, en los análisis económicos, pueden determinarse realizando los análisis de sensibilidad. Estos constituyen estudios para valorar la manera en que 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 & Castro, 2012).

Para realizar una completa evaluación que incluya los aspectos ambientales, se ha recomendado para la selección de alternativas tecnológicas, 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.

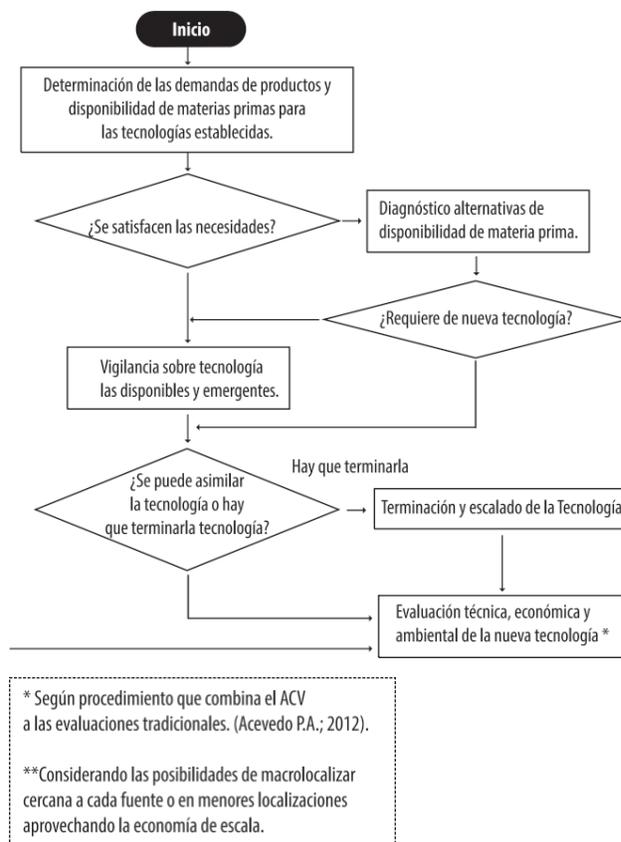


Figura 1. Diagrama Heurístico para al análisis de la asimilación de una tecnología.

Fuente: Muto Lubota, et al. (2013).

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 ingenierización, 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).

En los trabajos realizados estudiando procesos en condiciones de incertidumbre resalta entre otros, los aspectos siguientes:

- La disminución de la incertidumbre puede generar ahorros considerables, por lo que altamente estimulante reducir la incertidumbre e incluir sistemas de control.
- La incertidumbre se disminuye a través de métodos matemáticos aplicados a cada caso.

En consecuencia, para el desarrollo e intensificación de la industria química se requiere la aplicación de la estrategia de procesos utilizando el análisis de procesos que constituye uno de los campos de la ingeniería química cuyo estado del arte repercute de manera rápida (se logra en la actualidad casi de forma inmediata) en la solución de problemas industriales que van adoptando los sucesivos avances del tema en general, ilustrados con ejemplos de aplicación a casos particulares para los que también se involucran los avances más recientes.

En la intensificación y desarrollo de procesos, la función clave es la optimización y para ello se requiere tener en cuenta un procedimiento general que contiene los elementos:

1. Definir el objetivo del problema que se estudia.
2. Examinar las restricciones impuestas al problema por factores externos.
3. Seleccionar un sistema o sistemas para estudios.
4. Examinar la estructura de cada sistema y las interrelaciones de los elementos del sistema y sus componentes.
5. Construir un modelo para el sistema (objetivo debe ser definido en términos de variables del sistema).
6. Examinar y definir las restricciones internas de las variables del sistema.
7. Simular el problema mediante modelos del sistema, considerando las variables

8. Analizar el problema y reducirlo a sus rasgos esenciales.
9. Verificar que los parámetros del modelo estén representados en el sistema que es estudiado.
10. Determinar la solución óptima para el sistema y discutir su naturaleza.
11. Utilizar la información obtenida y repetir el procedimiento hasta que se encuentre un resultado satisfactorio.

Como se evidencia, en esta proyección están presentes los métodos matemáticos, tanto en la elaboración de los modelos del proceso estudiado como los pronósticos que con ellos se puedan elaborar en la región experimental estudiada y, también los interesantes pasos que se puedan dar fuera de la región experimental, susceptibles de ser corroborados y lo más importante en la optimización de las propuestas de decisiones.

El diseño estadístico de experimento facilita un incremento apreciable en la productividad de los investigadores, así como la confiabilidad de los resultados obtenidos, siendo estos métodos por su naturaleza universal aplicables en la mayoría de los campos de investigación y que significa una gran contribución a la optimización de la experimentación.

La idea de que un experimento se puede diseñar, se ha descrito desde tiempos antiguos, sin embargo, sólo a principios del pasado siglo, se introdujo los métodos estadísticos de diseño de experimentos. En la década de los años cincuenta se inició una nueva etapa en los trabajos de diseño de experimentos encaminando los esfuerzos a encontrar las condiciones óptimas (Box & Wilson, 1951).

El uso del diseño de experimento facilita un incremento apreciable de la productividad de los investigadores y de la confiabilidad de los resultados obtenidos, en general se puede afirmar que si los experimentos se planifican inteligentemente, incorporando diseños estadísticos factoriales o diseños factoriales parciales (Box & Hunter, 1961), la información obtenida es confiable y tiende a minimizar el número de experimentos necesarios.

Sin embargo, si la planificación de las experiencias se hace deficientemente, sin tener en cuenta los aspectos específicos del análisis, generalmente no se podrá reunir mucha información útil. Esto se debe a que de los experimentos planificados deficientemente no se obtienen la información principal, lo que refuerza la necesidad de la adecuada formación del profesional desde el pregrado en esta dirección y una comprensión de que en estos aspectos reside el núcleo básico de la metodología de la investigación en la industria de procesos químicos y el éxito de sus funciones profesionales esenciales, es decir

el control e intensificación de los procesos establecidos y el desarrollo de nuevos procesos, aspecto esencial en la formación del ingeniero químico como profesional.

En muchas investigaciones se plantean las interrogantes siguientes:

1. ¿Qué variable(s) afecta(n) la(s) respuesta(s)?
2. ¿De qué forma se afecta(n) la(s) respuesta(s)?

La experiencia investigativa ha demostrado que los experimentos desarrollados de forma simple pueden dar respuesta a ambas preguntas.

Según la complejidad de los sistemas, se requerirá mayor o menor información y para obtenerla mayor o menor trabajo experimental. El esfuerzo de muchos investigadores durante los años de aplicación de estos métodos, han contribuido a optimizar el trabajo experimental reduciendo los tiempos y esfuerzos para obtener resultados, siendo válido el análisis propuesto por Isaccson (1970) (Tabla 1).

Tabla 1. Rango de utilización de los tipos de diseño experimental según la cantidad de factores.

Diseño experimental	Variables independientes para ser investigadas											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11....	n	
Modelos gráficos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Factorial completo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Factorial parcial				■	■	■	■	■	■	■	■	■
Factorial parcial saturado					■	■	■	■	■	■	■	■

La extraordinaria capacidad de reducir trabajo experimental mediante la planificación experimental, apoyado en los métodos modernos de diseño experimental (Tabla 2), permiten incorporar a la labor investigativa, al personal en formación, sin temor a perder información por errores experimentales, que siempre se pueden detectar induciendo, si es requerido, las repeticiones de pocos ensayos.

Lograr nuevos conocimientos para el desarrollo se hace entonces más factible en orden no solo de recursos materiales y financieros sino también de tiempo.

La utilización de estos métodos formalizados permite, por su estructuración, el trabajo en equipos incluyendo profesionales de reciente graduación y estudiantes, incluso en experimentos en condiciones industriales y reafirman el papel de la formación en las ciencias básicas en la formación de investigadores.

Tabla 2. Comparación entre diversos repliegues parciales y el correspondiente diseño factorial completo (Adler, et al., 1975).

Número de factores	Número de ensayos		
	Repliegue fraccional	Símbolo	Diseño parcial / Diseño factorial
3	1/2 repliegue de 2 <sup>3</sup>	2 <sup>3-1</sup>	4 8
4	1/2 repliegue de 2 <sup>4</sup>	2 <sup>4-1</sup>	8 16
5	1/4 repliegue de 2 <sup>5</sup>	2 <sup>5-2</sup>	8 32
6	1/8 repliegue de 2 <sup>6</sup>	2 <sup>6-3</sup>	8 64
7	1/16 repliegue de 2 <sup>7</sup>	2 <sup>7-4</sup>	8 128
5	1/2 repliegue de 2 <sup>5</sup>	2 <sup>5-1</sup>	16 32
6	1/4 repliegue de 2 <sup>6</sup>	2 <sup>6-2</sup>	16 64
7	1/8 repliegue de 2 <sup>7</sup>	2 <sup>7-3</sup>	16 128
8	1/16 repliegue de 2 <sup>8</sup>	2 <sup>8-4</sup>	16 256
9	1/32 repliegue de 2 <sup>9</sup>	2 <sup>9-5</sup>	16 512
10	1/64 repliegue de 2 <sup>10</sup>	2 <sup>10-6</sup>	16 1 024
11	1/128 repliegue de 2 <sup>11</sup>	2 <sup>11-7</sup>	16 2 048
12	1/256 repliegue de 2 <sup>12</sup>	2 <sup>12-8</sup>	16 4 096
13	1/512 repliegue de 2 <sup>13</sup>	2 <sup>13-9</sup>	16 8 192
14	1/1024 repliegue de 2 <sup>14</sup>	2 <sup>14-10</sup>	16 16 384
15	1/2048 repliegue de 2 <sup>15</sup>	2 <sup>15-10</sup>	16 32 768

## CONCLUSIONES

La aplicación de los modernos métodos matemáticos son una vía adecuada para la obtención y procesamiento acelerado de información para elaborar la propuesta de decisiones para el desarrollo de la industria química y fermentativa.

Es necesario incorporar a la práctica diaria de la investigación y la docencia, los modernos métodos matemáticos de análisis y síntesis de los sistemas, así como de obtención de información científico tecnológica.

Durante la formación de pregrado y postgrado del ingeniero químico en la actualidad debe constituir un rasgo distintivo la utilización práctica y sistemática de las herramientas matemáticas.

Para acelerar los resultados y enfoques multilaterales de las investigaciones, los métodos matemáticos se han convertido en un poderoso arsenal metodológico para la solución de problemas actuales y prospectivos de la industria que posibilitan no solo el desarrollo de los procesos óptimos, sino también la dirección de estos con vista a mantenerlos siempre en los regímenes óptimos y rutas deseadas.

Los necesarios riesgos que implica el desarrollo competitivo pueden minimizarse mediante el estudio de las diferentes manifestaciones de la incertidumbre, empleando los métodos de planificación experimental como herramientas para el desarrollo de la gestión del conocimiento en la industria de procesos químicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, P. (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 doctoral). Universidad Industrial de Santander.
- Adler, Y., Markova, Y. V. Granovskiy. (1975). The Design of Experiment of Find Optimal Conditions. MIR.
- Box, G. E., & Hunter, J. S. (1961). The 2<sup>k</sup> -p Factorial Designs. *Technometric* (8), 311- 352.
- Box, G. E., & Wilson, K. B. (1951). On the Experimental Design Attainment of optimum condition. *Journal of the Royal Statistical Society*, 13, 1-45.
- González Suárez, E., & Miño Valdés, J. E. (2015). Acciones para la correcta terminación y valoración de resultados en la industria química y fermentativa. Editorial Universitaria. UNM.
- González Suárez, E., & Castro Galiano, E. (2012). Aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar en el concepto de biorefinería. Editorial Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo.
- González, E. (2005). Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica. Editorial Científico Técnica.
- Isaccson, W. B. 1970. Statistical Analyses for Multivariable Systems. *Chem Eng.*, (6), 69-75.
- Muto Lubota, D., Concepción Toledo, D N. Hernández Pérez, G., Mesa Garriga; L., Díaz Curbelo, A., Fernando Rosario, J. B., & González-Herrera, I. (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, Y., Mesa Garriga, L., González, E., & González Morales, V. (2010). Estrategia investigativa para el escalado industrial de una nueva tecnología de obtención de etanol de bagazo de caña de azúcar. *Centro Azúcar*, 37(2).
- Rudd, D. F., & Watson, C. C. (1968). Strategy of Process Engineering. McGraw Hill.