



CIENCIAS TÉCNICAS

Artículo Original de Investigación

Gestión de la tecnología e innovación y su integración con el análisis de procesos en la Ronera Central

Mayra Guzmán Villavicencio ¹ <https://orcid.org/0000-0002-2988-0799>

Cesar Augusto Martí Marcelo ¹ <https://orcid.org/0000-0002-5934-2844>

Erenio González Suárez ^{2,3*} <https://orcid.org/0000-0001-6963-1327>

Marlén Morales Zamora ² <https://orcid.org/0000-0003-2871-3312>

José A. Fabelo Falcón ² <http://orcid.org/0000-0002-2144-6701>

¹ Empresa Ronera Central, Cubaron S. A. La Habana, Cuba

² Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Villa Clara, Cuba

³ Miembro de Mérito de la Academia de Ciencias de Cuba

Autor para la correspondencia: mayra.guzman@ronvc.co.cu

Revisores^a

Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas
Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría. La Habana,
Cuba

Editor

Amanda Gómez Bahamonde
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Yoañ Karell Acosta González
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

^a N. del E.: En este apartado figuran los nombres de los árbitros que accedieron a revelar su identidad, como expresión de apertura progresiva del proceso de revisión por pares. No aparecen aquellos que optaron por el anonimato

RESUMEN

Introducción. En la actualidad la innovación es considerada un elemento esencial para el desarrollo socioeconómico, siendo decisiva su gestión eficiente para alcanzar el éxito del proceso innovador. En particular, Cuba tiene ante sí la apremiante necesidad de alcanzar un nivel de excelencia superior que le permita en algunos casos insertarse en nuevos y más exigentes mercados y en otros, complementarse bajo principios de solidaridad. Sin embargo, esta no es una práctica generalizada en la industria. **Métodos.** Se utilizaron los métodos de análisis y síntesis de procesos de la industria química y fermentativa. **Resultados.** Con la evaluación de las propuestas tecnológicas se obtuvieron resultados favorables desde el punto de vista técnico y económico para las pequeñas mejoras y para las incrementales, como son los cambios en las extracciones y el diseño de la columna recuperadora, así como para las radicales con la destilación de aguardiente y la utilización de fuentes renovables de energía. **Conclusiones.** La metodología elaborada para la gestión de la tecnología, la innovación y su integración con el análisis complejo de procesos ha constituido una herramienta novedosa para el desarrollo prospectivo, la eficiencia empresarial y la pertinencia social de la Corporación Cuba Ron S.A. permitiendo su aplicación sistemática y progresiva en la industria ronera.

Palabras clave: análisis de procesos; gestión tecnológica; innovación; integración

Technology and innovation management and its integration with process analysis at the Central Rum Factory

ABSTRACT

Introduction. Today, innovation is considered an essential element for socio-economic development, its efficient management being decisive to achieve the success of the innovative



process. In particular, Cuba is faced with the pressing need to achieve a higher level of excellence that allows it, in some cases, to insert itself in new and more demanding markets and, in others, to complement itself under principles of solidarity. However, this is not a widespread practice in the industry. **Methods.** Process analysis and synthesis methods of the chemical and fermentative industry are used. **Results.** With the evaluation of the technological proposals, favorable technical and economic results are obtained, for the small improvements and the incremental ones, such as the changes in the extractions and the design of the recovery column, as well as the radical ones with the distillation of brandy and the use of renewable energy sources. **Conclusion.** The methodology developed for the management of technology, innovation and its integration with complex process analysis constitutes a novel tool for the prospective development, business efficiency, and social relevance of Cuba Ron SA, allowing for its systematic and progressive application in the rum producing industry.

Keywords: process analysis; technological management; innovation; integration

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la innovación es considerada un elemento esencial para el desarrollo socio-económico, siendo decisiva su gestión eficiente para alcanzar el éxito del proceso innovador. En particular, Cuba tiene ante sí la apremiante necesidad de alcanzar un nivel de excelencia superior que le permita, en algunos casos, insertarse en nuevos y más exigentes mercados y en otros, complementarse bajo principios de solidaridad.^(1,2) Sin embargo, esta no es una práctica generalizada en la industria.

Lo anterior justifica la necesidad de aplicar sistemáticamente la innovación en la industria alimentaria. El cambio organizacional ha constituido una premisa esencial para el desarrollo de la innovación, aprovechando las ventajas que ofrece una administración eficiente de los recursos tecnológicos en un entorno cada vez más complejo e incierto, donde las organizaciones que sistematizan la innovación se posicionan mejor en el mercado, satisfaciendo en mayor medida las necesidades y expectativas de los clientes y la sociedad en general.

Gestión tecnológica y de innovación (GTI) en la industria ronera

La GTI en la industria química debe basarse en la generación de propuestas de solución a las problemáticas que se presentan con bases científicas y demostrables para elevar su eficiencia y competitividad. Lograr un favorable y sostenido desempeño ha constituido el principal objetivo de todas las organizaciones,⁽³⁾ por lo que la adopción de estrategias para la GTI ha representado un aspecto de interés tanto para los académicos como para los responsables de la gestión empresarial. Toda organización debe planificar la utilización de sus recursos tecnológicos y establecer el grado de preponderancia en el proceso de adaptación, adquisición y/o gene-

ración de tecnología, con el propósito de determinar el rumbo tecnológico a mediano y largo plazo.⁽⁴⁾

Herramientas para la gestión de la innovación tecnológica

La correcta aplicación de las técnicas de gestión de la innovación ha facilitado la capacidad para introducir nuevas tecnologías en productos o procesos, así como los cambios necesarios en la organización.⁽⁵⁾

Otras fuentes teóricas consultadas han confirmado que la impronta del desarrollo tecnológico ha exigido que se trabaje en la intensificación de procesos como una alternativa viable para lograr procesos más seguros y eficientes.^(6,7)

Para ello se planteó como objetivo, aplicar una metodología para la gestión de la tecnología y la innovación con integración del análisis complejo de procesos, en función de favorecer el desarrollo prospectivo, la eficiencia empresarial y la pertinencia social de la Corporación Cuba Ron S.A.

MÉTODOS

La metodología diseñada para la GTI ha integrado el análisis complejo de procesos para la intensificación de la industria ronera cubana como elemento novedoso constituyendo una vía para sostener con bases científicas un proceso innovador. Con la puesta en práctica de dicha metodología se ha definido una estrategia de desarrollo tecnológico que ha resultado ser un aporte práctico de la investigación. La misma reflejó un enfoque integral y sistémico que ha abarcado los factores fundamentales que determinan la eficiencia y competitividad de una organización.

Se inició con un diagnóstico integral abordando factores internos y externos para identificar la existencia de brechas tecnológicas, a partir de las cuales se definió el contexto de aplicación del análisis complejo de procesos (ACP) para de-

tectar reservas en los procesos e instalaciones tecnológicas e incrementar su eficiencia, mejorar la calidad, condiciones de trabajo, etc. Se inició con la selección de las herramientas y la definición de las variables de evaluación partiendo de la confrontación de los parámetros de operación especificados por la documentación de diseño con los reportes de operación, las modificaciones realizadas desde la puesta en marcha y el análisis de las particularidades del mecanismo de transferencia de la tecnología, entre otros, a partir de los cuales se determinaron los puntos débiles y las oportunidades de mejoras para la intensificación.

Se confrontó la información resultante con los objetivos financieros, económicos, técnicos, organizacionales y sociales y se realizaron propuestas tecnológicas analizando 2 caminos para su aplicación, considerando si estas requerían inversión o no. Finalmente, las propuestas implementadas se evaluaron para verificar si los resultados alcanzados se correspondían con los esperados y validar su adecuación, de lo contrario se debía continuar el ciclo en la identificación de nuevos puntos débiles. ⁽⁸⁾

RESULTADOS

Análisis interno

El diagnóstico tecnológico se realizó valorando los objetivos, los recursos tangibles como productos y procesos productivos; los perceptibles como patentes, licencias y *know-how* y los intangibles asociados al talento creativo. Se emplearon herramientas de diagnóstico tales como el perfil de excelencia tecnológica para evaluar la implementación de la GTI en la organización, ⁽⁹⁾ definición de la cartera de productos para evaluar el diseño y desarrollo de nuevos productos y su crecimiento e inventario de tecnologías para identificar el patrimonio tecnológico de la organización. Los resultados revelaron las tecnologías que ha requerido actualización y su inclusión en la estrategia de desarrollo tecnológico.

Diagnóstico energético y ambiental

El diagnóstico energético se realizó según la NC ISO 50001 ⁽¹⁰⁾ y la metodología para la integración de la gestión ambiental y energética en industrias de procesos. Los resultados mostraron la correlación lineal existente entre el consumo de energía eléctrica y los niveles de actividad y los principales puntos débiles, motivando la utilización de fuentes renovables de energía.

El diagnóstico ambiental se realizó desde una perspectiva de ciclo de vida en correspondencia con la NC ISO 14001, ⁽¹¹⁾ identificando impactos negativos, con mayor incidencia el producido por las emisiones de SO₂ a la atmósfera de 140,4 t/año debido fundamentalmente a la utilización del crudo cubano como combustible. ⁽¹²⁾

Análisis externo

En el análisis externo se aplicó el *benchmarking* y la vigilancia tecnológica y se identificaron las principales debilidades y oportunidades en la organización, a partir de las cuales se fundamentaron propuestas tecnológicas como la producción de aguardiente en la Ronera Central, de gran importancia para elevar la eficiencia, incrementar las exportaciones, ampliar y diversificar la gama de productos de la marca de ron Cubay y garantizar la permanencia del perfil organoléptico que ha tipificado y distinguido los rones de la región central.

Análisis complejo de procesos

Se aplicó el ACP en el proceso de rectificación de alcohol por la relevancia que tiene esta tecnología y sus muchos años de explotación. Se realizó un estudio estadístico de algunas de las principales variables del proceso como el grado alcohólico del alcohol etílico fino (95,5 ° GL), la temperatura del tope de la columna rectificadora (70-83 °C) y *grado de volátiles del cuarto condensador* en la columna hidroseladora (93-96,4 ° C), para el que se tomaron corridas de datos durante varios días de trabajo y se construyeron los gráficos de control, identificando reservas que permitieron disminuir la diferencia entre los índices de capacidad y centrar la distribución entre los límites de especificación, representando un ahorro económico y energético para la industria. Se valoraron las materias primas, los suministradores, el sistema de generación de vapor y se simuló el proceso utilizando el software Aspen Plus V8.0, empleando los modelos RadFrac para la simulación rigurosa de columnas de destilación y el método Wilson para el equilibrio vapor-líquido a bajas presiones, siendo estos los que mejores resultados mostrados. ⁽¹²⁾

Se obtuvieron los balances de masa y energía, así como los resultados operacionales de cada columna, definiéndose las composiciones del líquido en las columnas analizando los perfiles de composición de líquido por platos en cada una de ellas, identificando que las extracciones no son adecuadas en la columna rectificadora donde las sustancias de valores significativos son n-propanol e isobutanol encontrándose sus máximas concentraciones en los platos 24 al 28. Sin embargo, las extracciones reales se realizaron en los platos del 13 al 15 por lo que a partir de estos resultados se propuso cambiar las extracciones para favorecer la eliminación de los componentes indeseables. Para el caso de las flemas con composiciones elevadas se pudo apreciar que las mayores concentraciones del isobutanol y n-propanol se desplazaron a los platos terminales del 40 al 41, sin embargo, las extracciones reales se realizaron en los platos del 13 al 15 y en el plato 47. Se identificó recirculación en el proceso de componentes como el isobutanol y n-propanol, con dificultades para su eliminación, generando desviaciones de los índices de consumo.

Propuestas tecnológicas

Las propuestas tecnológicas se priorizaron en orden jerárquico respondiendo al nivel de impacto, complejidad y factibilidad y se realizó la evaluación de viabilidad técnico-económica y ambiental. Los resultados mostraron la factibilidad técnica y económica de las propuestas tecnológicas.

El cambio de extracciones en la columna rectificadora se realizó variando el flujo de la extracción de 1 l/ min a 0,8 l/ min y las extracciones del plato 14 por el 26, lo que permitió obtener un alcohol etílico fino de mayor calidad con 96,9 ° GL en comparación con el obtenido anteriormente con un 96,2 ° GL, así como la disminución de los índices de consumo y el incremento de la eficiencia hasta un 93,7 %.

El diseño de la columna recuperadora de alcohol y su incorporación al proceso, como se señala en la figura 1, se realizó mediante el empleo del software Aspen Plus V8.0 a través del modelo RadFrac y el paquete termodinámico seleccionado fue el método Wilson. Para el diseño se definieron en el simulador las especificaciones relacionadas con pureza másica en el destilado (0,94), relación de reflujo (1-15), flujo del destilado (0,5-1,6 l/ min), diámetros de los platos (1,5 m) y espaciado entre platos (0,33 m). Con la introducción de los datos necesarios al simulador Aspen Plus V8.0 y el ajuste de los modelos obtenidos, se obtuvieron los datos de diseño de la columna y las partes que la componen, lo que permitió la mejora de la composición del alcohol en cada corriente, mayor pureza de alcohol etílico fino (97,3° GL), disminución casi a 0 de la composición de alcohol en el residuo, se logró mayor estabilidad y eficiencia en el proceso, así como el cumplimiento de los índices de consumo y las normas de calidad con un valor actual neto (VAN) de \$ 96 414,28, una tasa interna de retorno (TIR) de 40 % y un plazo de recuperación descontado (PRD) de 2 años.

La incorporación al ciclo productivo de la destilación de aguardientes y alcoholes ha mostrado resultados favorables con un VAN de \$ 37 400 915 y un PRD de 10 años con financiamiento externo, siendo una opción imprescindible para

garantizar el crecimiento de la producción de ron y el encadenamiento productivo en el municipio Santo Domingo, lo que responde a las políticas de desarrollo local.

El empleo de fuentes renovables de energía en el ciclo productivo, mediante la instalación de un parque solar fotovoltaico sobre cubiertas⁽¹³⁾ ha reportado un ahorro en un período de 2 años de \$ 327 860 y una disminución de emisiones a la atmósfera de 1 069, 67 t de CO₂.

La aplicación de un Sistema híbrido de generación de energía eléctrica (SHGEE) para el aprovechamiento de todas las fuentes renovables de energía disponibles a partir de la producción de aguardiente, el uso de la radiación solar y la biomasa residual mediante la combinación de tecnologías que comprenden generador fotovoltaico + generador biogás + generador diésel⁽¹⁴⁾ se ha presentado como una alternativa tecnológica factible con resultados que muestran un PRD de 3 meses,⁽³⁾ un VAN de \$ 10 621 127 y una razón de la TIR de 293 % cuando se establece un análisis comparativo con la configuración del sistema menos favorable compuesta por generador diésel + fotovoltaico, disminuyendo además el costo nivelado de la energía hasta 0,022 \$/ kWh.

La implementación paulatina de la estrategia de desarrollo ha garantizado un incremento de los activos intangibles valorados en el período analizado en un promedio de \$ 1 942 597 así como la competitividad de la organización.

Conclusiones

La metodología elaborada para la gestión de la tecnología, la innovación y su integración con el análisis de procesos constituye una herramienta novedosa para el desarrollo prospectivo, la eficiencia empresarial y la pertinencia social de la Corporación Cuba Ron S.A. permitiendo su aplicación sistemática y progresiva en la industria ronera.

La aplicación de la metodología en la Ronera Central permitió realizar un análisis integral de sus procesos y la evaluación de las propuestas de soluciones factibles desde el punto de vista *técnico, económico y ambiental*, lo cual ha demostrado su valor práctico.

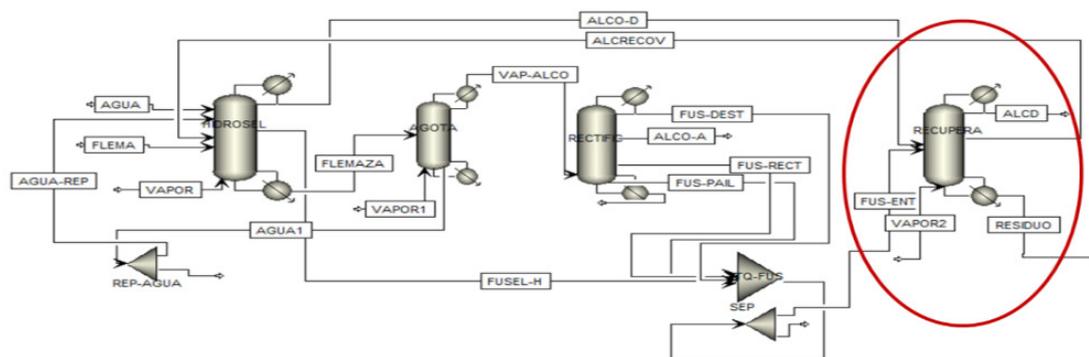


Fig. 1. Columna recuperadora de alcohol.

Fuente: Elaboración propia con el empleo del Aspen Plus V8.0

Con la evaluación de las propuestas tecnológicas se obtuvieron resultados favorables técnicos y económicos para las pequeñas mejoras y para las incrementales, como han sido los cambios en las extracciones y el diseño de la columna recuperadora, así como para las radicales con la destilación de aguardiente y la utilización de fuentes renovables de energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castro F. Ciencia, innovación y futuro. Ediciones Especiales. La Habana: Instituto cubano del libro; 2001.
2. Nogueira D. Modelo conceptual y herramientas de apoyo para potenciar el control de gestión en las empresas cubanas. [Tesis doctoral]. Matanzas: Universidad "Camilo Cienfuegos"; 2002.
3. Fernández MV, Peña P. Estrategia de innovación como factor determinante del éxito de las cooperativas vitivinícolas de Castilla La Mancha. REVESCO [Internet]. 2009 [citado 20/05/2015]; 6 (98): 70-96. Disponible en: www.ucm.es/info/revesco.
4. Aranda H, Solleiro J, Castañón R, Henneberry D. Gestión de la innovación tecnológica en PyME's agroindustriales chihuahuenses. Revista Mexicana de Agronegocios [Internet]. 2008 [citado 12/09/2015]; 12 (23): 681-694. Disponible en: <https://colaboracion.uv.mx/iiesca/BORRADORES%20ACTAS/Proyecto%20derivados%20de%20lactosuero/Documentos/lactchihuahua.pdf>
5. Hidalgo A, Albornz J. Innovation Management techniques and tools: a review from theory and practice. R&D Management [Internet]. 2008; 38(2): 113-127. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9310.2008.00203.x>.
6. Keil FJ. Modeling of process Intensification. ISBN: 978-3-527-31143-9. Weinheim, Republic of Germany: Wiley-cvH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2007. Disponible en: <https://www.wiley.com/en-us/Modeling+of+Process+Intensification-p-9783527311439>.
7. Lutze P, Gani, R & Woodley J. M. Process Intensification: A perspective on process synthesis. Chemical Engineering Processing [Internet] 2010; 49(6): 547-558. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270110001182>.
8. Guzmán M, González E, Morales, M. Metodología para gestionar la innovación tecnológica con integración de análisis complejo de procesos en la industria ronera cubana. Tecnología Química. [Internet]. 2019 [citado 27/09/2019]; 39(2): 370-383. Disponible en: <https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/download/4929/4270>
9. Morin J, Seurat R. Le management des ressources technologiques. Vol.1. Paris: Les Editions d'Organisation; 1989.
10. Oficina Nacional de Normalización [Internet]. Cuba: Oficina Nacional de Normalización; 2018. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. [13 pp]. Disponible en: <https://ncnorma.cu/index.php?limit=3&start=51>.
11. Oficina Nacional de Normalización [Internet]. Cuba: Oficina Nacional de Normalización; 2015. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. [9 pp]. Disponible en: <https://ncnorma.cu/index.php?limit=3&start=51>.
12. Guzmán M. Gestión de la tecnología y la innovación y su integración con el análisis complejo de procesos en la Ronera Central. [Tesis doctoral]. Santa Clara: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas; 2019.

13. Guzmán M, Soto CR, Águila I, Torres J. M. Procedimiento para instalación de un sistema fotovoltaico sobre techos en la Corporación Cubaron S.A. Centro Azúcar [Internet]. 2017; 44(1): 70-81. Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000100008.
14. Águila I. Simulación de sistemas híbridos fotovoltaicos /biogás/ diesel con inyección a red en la Ronera Central empleando la herramienta computacional Homer. [Tesis de Maestría]. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas; 2018.

Recibido: 30/09/2021

Aprobado: 05/04/2022

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Erenio González Suárez, Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Curación de datos: Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo
Análisis formal: Marlen Morales Zamora, José A. Fabelo Falcón

Adquisición de fondos: Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Investigación: Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Metodología: Erenio González Suárez, Marlen Morales Zamora, José A. Fabelo Falcón, Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Administración del proyecto: Erenio González Suárez, Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Recursos: Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Software: Marlen Morales Zamora, José A. Fabelo Falcón

Supervisión: Erenio González Suárez, Marlen Morales Zamora, José A. Fabelo Falcón

Validación: Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Visualización: Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Redacción-borrador original: Erenio González Suárez, Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Redacción-revisión y edición: Erenio González Suárez, Mayra Guzmán Villavicencio, Cesar Augusto Martí Marcelo

Financiación

Los autores declaran que no hubo financiamiento para desarrollar la investigación.

Cómo citar este artículo

Guzmán Villavicencio M, Martí Marcelo CA, González Suárez E, Morales Zamora M, et. al. Gestión de la tecnología e innovación y su integración con el análisis de procesos en la Ronera Central. An Acad Cien Cuba [Internet] 2022 [citado en día/mes/año] Vol. 12 (3): e1136. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1136>.

