

METODOLOGÍA PARA LA RECONVERSIÓN EN LAS INSTALACIONES EN LA INDUSTRIA DE PROCESOS CONSIDERANDO LA INCORPORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Marlén Morales Zamora*, Erenio González Suárez*, Yenlys Cata Salgado*, Julio Pedraza Garciga**, Viatcheslav Kafarov**
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

Dada las condiciones actuales de la economía latinoamericana, los resultados científicos han mostrado notable interés en la determinación del efecto de la variación de las materias primas en la eficiencia tecnológica, energética y económica de los procesos, así como en la evaluación de alternativas para la intensificación y reconversión de instalaciones industriales para adaptarlas a los requerimientos y disponibilidades actuales de materias primas y portadores energéticos.

El trabajo propone una metodología científicamente argumentada para la reconversión en la industria de procesos a partir de la incorporación de nuevas producciones energéticas y ambientalmente eficientes, como es el caso de estudio de la producción de bioetanol e hidrógeno para la generación de electricidad con celdas de combustible.

La metodología desarrollada considera la integración de los procesos, la depreciación moral y la fiabilidad tecnológica de los equipos de la industria química, lo que permitirá perfeccionar los estudios de aprovechamiento de las capacidades instaladas en la industria del azúcar y sus derivados, así como en las nuevas instalaciones que se proyecten.

Palabras clave: reconversión, equipamiento, integración, fiabilidad.

Given the current conditions of Latin American Economy, scientific results have shown a marked interest not only to find out variation effects on raw material, but also to find out technologic-energetic-economic efficiency of the processes. They have also tried to asses alternatives so as to intensify and revamp industrial plants. These plants will be supposed to match the requirements and current availabilities of raw material and energy carriers.

The work proposes a methodology for revamp in the industry of processes starting from the incorporation of new energy and environmentally efficient productions, like it is the case of study of the bioetanol production and hydrogen for the electricity generation with fuel cells.

The developed methodology considers process integration, the moral depreciation and the technological reliability of the equipment of chemical industry, what will allow perfecting the studies of use of capacities installed in the industry of the sugar and its derived, as well as in the new facilities that are projected.

Key words: revamp, equipment, integration, reliability.

Introducción

El estudio de los problemas operativos en las plantas de proceso, y la corrección de defectos y modernizaciones de las instalaciones, ha sido una práctica permanente en la industria de procesos. Si bien las grandes empresas proveedoras de ingeniería incorporan estos avances en sus propuestas, por lo general no trabajan en actualizaciones, modernizaciones, puestas a punto y reconversiones del equipamiento existente, lo cual evidentemente trae la obsolescencia del equipamiento de las

plantas de producción, por el simple paso del tiempo y por la superación tecnológica.

En la actualidad, un rango característico de la Revolución Científica, es la posibilidad de emplear el pronóstico en la conducción del proceso tecnológico, incrementando no solo, buena disponibilidad técnica y fiabilidad de sus resultados, sino también los tiempos de disponibilidad de las instalaciones, desde el punto de vista mecánico, partiendo del concepto de que desde el punto de vista tecnológico, un equipo ha fallado no solo cuando está operando, sino cuando opera sin garantizar la operación para la cual ha sido diseñado.

El análisis de procesos, es una vía para lograr la intensificación de los procesos tecnológicos en las viejas plantas de procesos y en las modernas instalaciones, logrando elevar la disponibilidad y aprovechamiento de las capacidades de las plantas. Es por ello que resulta importante considerarlo, ante la necesidad de reconversión, reordenamiento, ampliación y reconstrucción de instalaciones industriales, en función de fundamentar los estudios sobre el aprovechamiento de los fondos básicos, los recursos materiales y energéticos, así como la calidad de los productos y la contaminación ambiental.

Una de las industrias con mayores potenciales de reconversión o reordenamiento de sus instalaciones para la producción de biocombustibles es la Industria Azucarera, la cual ha incluido como acción fundamental, la diversificación de la misma, mediante el uso integral de la caña de azúcar. Por tanto, el objetivo consiste en: proponer una metodología para la reconversión e inversión en la industria de procesos, a partir de la incorporación de nuevas producciones.

Fundamentación teórica

El análisis de procesos, como vía para lograr la intensificación de los procesos tecnológicos de la industria química, consiste en un amplio análisis científico-técnico y técnico-económico de un proceso existente o concebido. Sus efectos fundamentales se logran sobre las siguientes bases: considerar sistemas de instalaciones, y no plantas aisladas, aspecto válido no solo para las nuevas instalaciones, sino también para la reconstrucción y modernización de las ya existentes, buscar una adaptación más efectiva a las nuevas condiciones materiales y energéticas, así como el equilibrio con el medio ambiente, partiendo de las realidades de la situación económica presente y futura, mejorar el dominio de la independencia y ajustes temporales de procesos que se desarrollen en varias fases o etapas, y perfeccionar las condiciones subjetivas dentro del proceso productivo.

Una modernización, reordenamiento o reconversión en una instalación industrial debe concentrarse en tres tópicos u objetivos esenciales para las inversiones en un país en desarrollo:

- Incrementar la capacidad de la planta, con una calidad estable del producto y una disminución de los consumos, especialmente los importados.
- Una disminución del tiempo de retorno de la inversión destinada a la modernización de las plantas.
- Un incremento de la disponibilidad de la instalación. (González, E. 1993).

En la Industria de Procesos a nivel internacional se acometen métodos y/o prácticas de trabajo como son:

- Debottlenecking: Eliminación de cuellos de botella operativos en plantas de proceso.
- Revamping: Remodelación de un equipo o instalación, por cambio parcial de componentes. Por lo general, es requerido cuando se deben eliminar cuellos de botella, aumentar capacidad y/o mejorar especificaciones de productos.
- Troubleshooting: Estudio y solución de problemas operativos en equipos e instalaciones de proceso. (Spekujljak, 1998).

El Debottlenecking de una instalación obliga a un estudio de los problemas que tiene el proceso para su operación, apareciendo en ese momento distintos problemas asociados, que deben ser corregidos. La práctica del Troubleshooting y eventualmente el Revamping de las instalaciones y equipos, es una práctica constante en la industria de procesos continuos a nivel internacional.

Métodos utilizados y condiciones experimentales

Generalidades sobre el estado real de los equipos para la reconversión industrial

Uno de los problemas actuales más importantes de la teoría de la fiabilidad es el pronóstico del comportamiento de los equipos. Con el desarrollo que ha alcanzado la teoría moderna de la fiabilidad, son muchas las preguntas que no han encontrado aún las respuestas necesarias, no estando aún terminada la elaboración de los métodos de aplicación con relación a los equipos de producción química. (Petterson, 1998; Rosa, 1996).

Por otro lado, los esfuerzos en el mantenimien-

to de los equipos, deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos, más que los equipos mismos, ya que es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas. (Murillo, 2001).

Un esquema para el análisis de fiabilidad de una planta química, incluye la determinación del nivel de fiabilidad que puede medirse no sólo en relación con los fallos, sino parámetros que nos indiquen cuando el equipo no puede garantizar los niveles de calidad requeridos, lo cual puede obtenerse mediante el análisis del cumplimiento de las indicaciones tales como: aptitud del proceso, exactitud y estabilidad del sistema que puede servir de base para la creación de la metodología de cálculo de la fiabilidad en los equipos químicos sobre la prevención de las fallas tecnológicas que inciden en la calidad estable del proceso.

Precisamente, ante el estudio de la fiabilidad de los procesos de la industria química, se requiere del desarrollo de nuevas formas y guías para su determinación. Precisamente, con este objetivo es que se hace necesario estudiar las posibilidades de utilizar nuevos criterios de calidad como los índices de exactitud y estabilidad de las operaciones y procesos tecnológicos como un indicador para medir el deterioro de los equipos.

La aplicación de las normas para calcular estos índices en días anteriores a una parada de mantenimiento y en días posteriores a esta, puede permitir obtener una información indirecta del estado técnico del equipo, para ello es importante partir del concepto de que desde el punto de vista tecnológico, un equipo ha fallado no solo cuando esta operando, sino cuando opera sin garantizar la operación para la cual ha sido diseñado.

En específico un sistema de procesos no se encuentra nunca libre de perturbaciones y siempre debe esperarse un fallo ocasional en el mismo. El ingeniero de procesos es responsable del diseño de sistemas, en lo que si se produce un fallo local no debe desencadenarse una cadena de suce-

sos, que conduzca a la inutilización de todo el sistema e incluso a un desastre. Una de las estrategias es la dirigida a la detección de sistemas propensos a sufrir fallos y a eludir las dificultades en los fallos de los equipos. El diseño de cualquier sistema debe realizarse siempre de forma que presente cierta tolerancia ante las situaciones imprevistas. La estrategia para la evaluación de la tolerancia óptima ante un fallo en un diseño, implica una mezcla de los siguientes conceptos:

1. Cada componente del sistema debe diseñarse con un grado de confianza suficiente para reducir las probabilidades de iniciación de un fallo en el sistema.
2. Si se estima que un componente es propenso a fallar, el sistema debe proyectarse con la flexibilidad necesaria tanto para minimizar la repercusión de la avería como para evitar su posterior propagación.
3. El sistema deberá diseñarse para que las consecuencias de fallo imprevisibles e incontrolables sea mínima.

Para el análisis de la fiabilidad del sistema se debe conocer si las configuraciones existen en serie, en paralelo o es la combinación de ambas. El objetivo de los estudios de la fiabilidad, es alcanzar cada vez niveles más elevados de la disponibilidad de la instalación, lo cual se logra mediante la adición de los elementos adicionales o de reservas al sistema, estos elementos se conocen como redundantes.

Indudablemente, la fiabilidad se incrementa por el uso de la redundancia, pero este tiene que traer consigo un análisis económico que permita justificar el uso de las mismas. Las valoraciones económicas del trabajo de fiabilidad pueden calcularse mediante las categorías económicas de costo de inversión, costo de operación y costo a causa de los fallos. (Rosa, 1996).

Nociones en la gestión de la vida útil de los equipos

Actualmente se puede constatar la existencia de tres tendencias principales en la gestión de la vida útil de los equipos:

- Prolongación de la vida operativa de los equipos.

- Tolerancia para que los equipos puedan funcionar más cerca de sus límites.
- Estrategias de tipo costo-eficiencia y de tipo adaptativo para la sustitución y el mantenimiento de los equipos. (Fantana, 2000).

Dichas tendencias son, al menos en parte, contradictorias entre si. El empleo de poco personal, y la subestimación de los esfuerzos de mantenimiento, la reducción de los trabajos de reparación y el retraso a la hora de decidir la sustitución, pueden dar lugar a que los equipos fallen y se produzcan paradas, imprevistas y costosas, de los sistemas.

Por lo tanto, es necesario adoptar una nueva estrategia de sustitución, renovación y reconversión de los equipos. Esta nueva estrategia deberá permitir identificar los equipos más vulnerables, y por tanto más críticos, a los cuales se prestará atención prioritaria. (Pettersson, 1998).

La gestión de la vida útil debe afrontar tres tareas importantes. La primera de ellas es la detección de fallos incipientes evitando las averías imprevistas de los equipos; la segunda es la identificación del mal funcionamiento de los equipos o estados defectuosos; y la tercera es la planificación estratégica de los activos relacionados con la energía eléctrica. Dado que la planificación estratégica incluye entre sus objetivos la eficiencia de operación y la planificación del mantenimiento es preciso tener en cuenta los trabajos de sustitución y reparación necesarios para asegurar una alta disponibilidad. (Pettersson, 1998; Rosa, 1996).

Se han desarrollado tres técnicas básicas para realizar estas tareas:

- Supervisión de equipos.
- Diagnóstico de equipos.
- Evaluación basada en el estado y evaluación de la vida útil.

Los dos principales grupos de métodos de evaluación de equipos, estadística e individual han tenido su evolución propia. Para aplicar métodos estadísticos, se ha de disponer de datos estadísticamente relevantes, que han de ser fiables y encontrarse en cantidades suficientemente grandes. Además, los equipos han de tener un diseño semejante y el tipo de fallo ha de ser simple y de fácil comprensión. (Fantana, 2000).

Para alcanzar los objetivos estratégicos y operativos es esencial poder identificar las unidades más vulnerables y seleccionar, para cada una de ellas, el procedimiento óptimo de funcionamiento, mantenimiento y sustitución. Esto exige tratar cada caso de forma individualizada.

Dos ejemplos de enfoque individual, son los métodos de evaluación basados en la ponderación y los llamados métodos avanzados de evaluación. Los métodos de ponderación son adecuados para la primera fase de la evaluación de los equipos de energía eléctrica, aunque se trata de métodos sencillos y rápidos tienen un carácter subjetivo, tanto por la evaluación misma como por los datos de entrada y por los factores de ponderación utilizados. Por eso los resultados ofrecen una visión limitada, física o funcional de un equipo dado y pueden mezclar esfuerzos y riesgos de distintas naturalezas.

Los métodos avanzados de evaluación, pueden proporcionar una información más objetiva para tomar decisiones sobre una unidad concreta pero dependen de la disponibilidad de datos más detallados de toda la vida útil. Estos datos, y los conocimientos necesarios, han de combinarse para constituir una estrategia general de 'razonamiento'.

Cuando se utiliza un sistema de evaluación deben tenerse en cuenta tres cuestiones importantes:

- 1) ¿Qué es lo que se va a evaluar?
- 2) ¿Qué procedimiento o método se va a seguir?
- 3) ¿Cuáles son las herramientas necesarias para las diferentes tipos de variables?

Los problemas propios de la evaluación de la vida útil de los equipos, se relacionan con cuestiones fundamentales como:

- 1) ¿Qué medidas se habrán de tomar y en qué orden?
- 2) ¿Es posible seguir utilizando con seguridad un equipo dado?
- 3) ¿Es necesario reformarlo o sustituirlo?

Ante todo hay que tener una idea clara sobre cómo definir estas cuestiones, considerando no un sólo objetivo sino buscando un método económico de evaluación. Ya no basta con el enfoque

tradicional según un criterio único, que solo tiene en cuenta la edad de la unidad o el estado del aislamiento de papel.

ABB Corporate Research ha desarrollado un nuevo concepto holístico para la evaluación de equipos, concentrado en la funcionalidad de la unidad en cuestión, que tiene en cuenta tanto los riesgos técnicos como económicos de la unidad. (Fantana, 2000).

Para realizar la evaluación de un equipo a partir del estado y de los riesgos es necesario conocer el diseño y funcionamiento del equipo, así como la degradación y fallos que se hayan podido producir en él. Es necesario estudiar la unidad y sus subsistemas, las características de los materiales, los factores operativos y los modos de fallo.

Es necesario, por ejemplo, definir los riesgos importantes y establecer los esfuerzos que podrían afectar a la funcionalidad o idoneidad funcional del equipo. Es preciso determinar los criterios de evaluación más importantes y desarrollar los procedimientos para aplicar cada uno de ellos. También será necesario disponer de información de carácter técnico y no técnico.

Resultados y discusión

Considerando lo anterior, y partiendo de la base de la necesidad de desarrollar con efectividad la reconversión de las industrias ante la asimilación e incorporación de nuevas producciones como es el caso de la producción de biocombustibles, se propone una metodología para la reconversión y/o inversión en la industria de procesos, que permitirá lograr un aprovechamiento de las capacidades instaladas en la industria de sus derivados, y las posibilidades de emplear las instalaciones existentes en las nuevas producciones figura 1.

Partiendo de seleccionar un nuevo proceso productivo al sistema de producción, se evalúa el comportamiento del nuevo proceso que se quiere incorporar, considerando el diagrama de flujo de los diferentes procesos, tanto del nuevo, como de los instalados, así como la valoración de las posi-

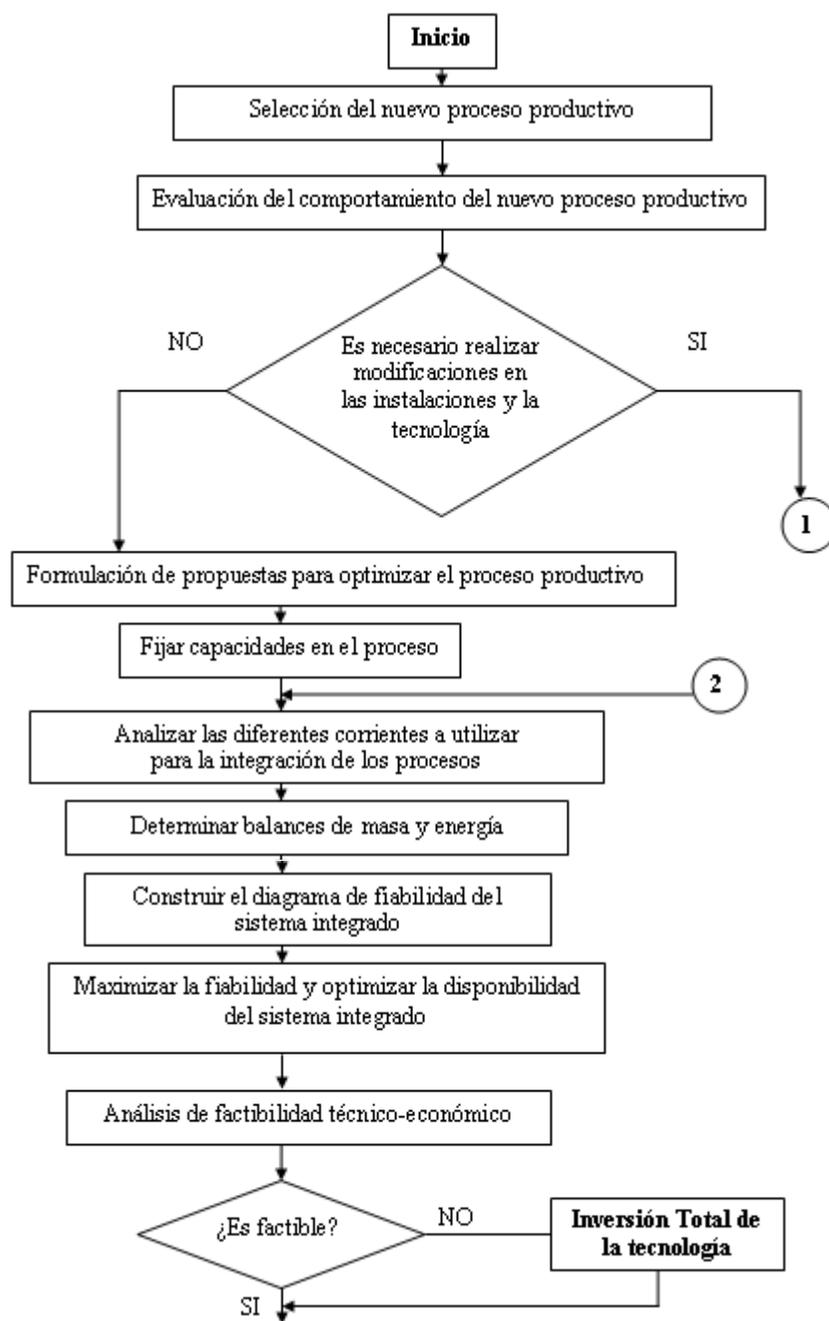
bilidades de utilización del equipamiento en el nuevo proceso productivo.

Se plantea que, cuando se analiza la necesidad o no de realizar modificaciones en las instalaciones, se parte de la posibilidad de definir que equipos se reutilizan o desechan en el proceso, y de analizar la vida útil y remanente de los equipos instalados. Para ello se valoran dos posibilidades fundamentales, una primera, el estado técnico real del equipamiento y una segunda, el estado moral del equipamiento.

En el estado técnico real del equipamiento, se incluye el análisis de riesgos y la vida económica de la instalación, así como nuevas consideraciones, como son: la aptitud del proceso y la inspección de los índices de exactitud y estabilidad del sistema los cuales son indicadores para medir el comportamiento fenomenológico del estado actual de los equipos e indican cuando este no puede garantizar los parámetros de calidad requeridos.

En el estado moral del equipamiento, se analiza la obsolescencia del equipamiento para las actuales y las nuevas producciones que se proyecten, a partir de la selección de la actualización y vigencia del equipamiento. Como complemento de estos criterios, se llega a la decisión de desechar o reutilizar el equipamiento existente, o diseñar y/o adquirir los nuevos equipos a instalar, llegando a una inversión parcial en el proyecto.

A partir de estos resultados, se obtienen los balances de masa y energía, y se analizan las diferentes corrientes a utilizar para la integración de los procesos. Se construye el diagrama de fiabilidad del complejo fabril integrado y se maximiza la fiabilidad, y disponibilidad del sistema integrado y se realiza el análisis de factibilidad técnico-económica del proceso productivo integrado. Se determinan los indicadores dinámicos con vista analizar la factibilidad del proyecto y la influencia que tienen estos factores en el mismo. En caso de no ser factible el proyecto de reconversión, se pasa a la necesidad de realizar una inversión total para poder lograr la incorporación del nuevo proceso productivo.



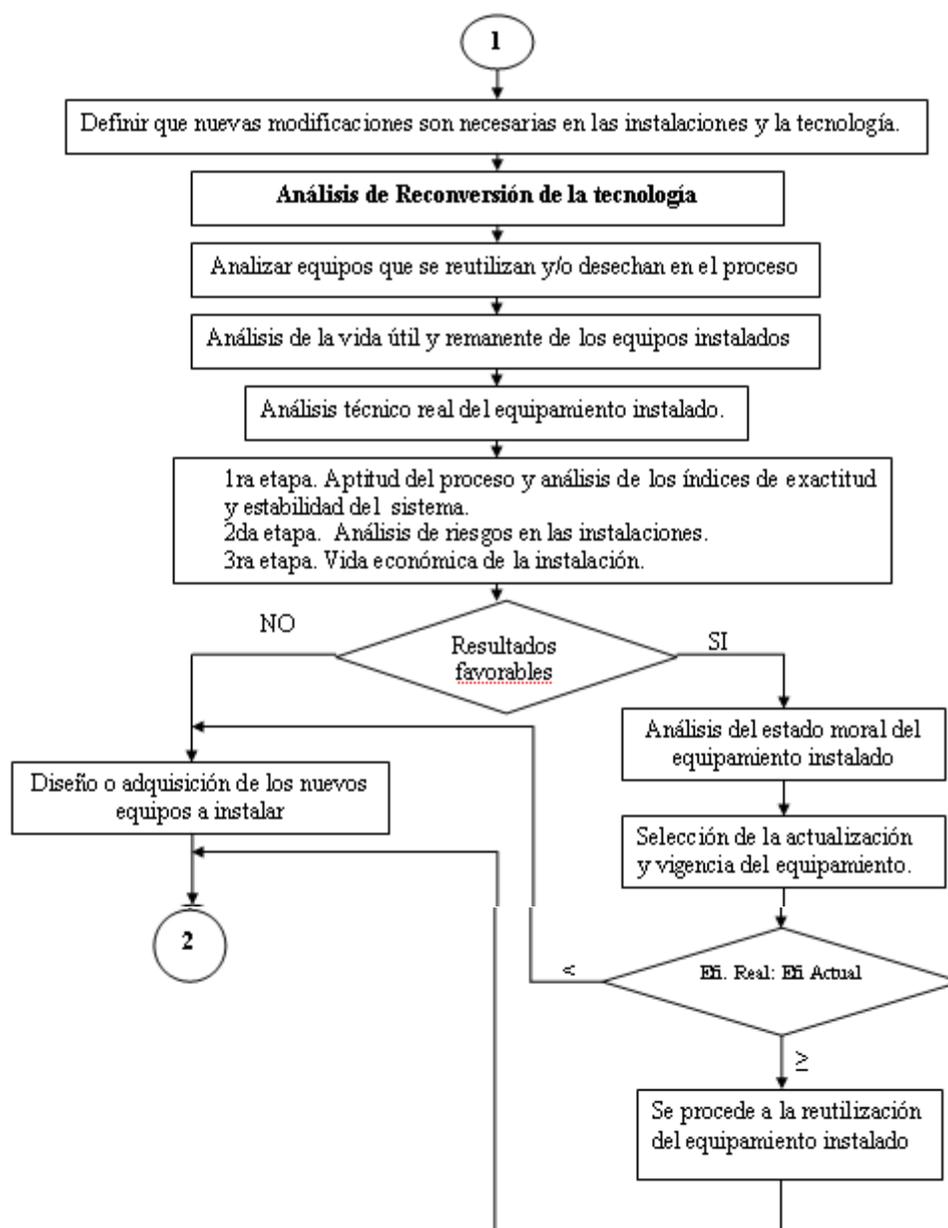


Fig. 1 Metodología para la reconversión industrial a partir de la incorporación de nuevas producciones.

Conclusiones

1. La reconversión en una instalación industrial se proyecta ante la necesidad de incrementar la capacidad de la planta, con una calidad estable del producto, una disminución de los consumos y de incrementar la disponibilidad de la instalación, toda vez que se deseen incorporar nuevas producciones económica-
2. La metodología propuesta metodología para la reconversión y/o inversión en la industria de procesos, permitirá lograr un aprovechamiento de las capacidades instaladas en la industria de sus derivados y las posibilidades de emplear las instalaciones existentes en las nuevas producciones.

Bibliografía

1. González, E. Col de autores, *Aplicación del Análisis Complejo de Procesos en la intensificación de instalaciones de la Industria Química en países en vías de desarrollo*, UCLV, 1993.
2. Spekuljak, Z; Monella, H., *Troubleshooting y Revamping nuevas herramientas para mejorar la producción en equipos de procesos*. S I T Ingeniería S. R. L. C., 11no Congreso Argentino Petroquímica. 98.
3. Murillo, Gerardo. (2001) *Plan de implementación de mantenimiento RCM.*, Monografía.
4. Fantana N L, Pettersson, L, *Condition based evaluation*, Revista ABB, Lifetime Management. ISSN 1013-3135, N° 4, Págs. 45-54, 2000.
5. Petterson, L; Fantana, N.L, Sundermann, U., Life assessment: ranking of power transformers using condition-based evaluation, a new approach. CIGRE, Paris, Paper 12-204, 1998.
6. Rosa, E., *Análisis de alternativas de inversión en la industria química considerando la fiabilidad de los equipos*, Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Santa Clara, 1996.
7. Yañez, M; Gómez de la Vega, H; Valbuena, G., *Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo*. Reliability & Risk Management CA. ISBN: 980-12-12-0116-9, 2004.