

MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA DE PLANTAS QUÍMICAS  
PERFECCIONANDO LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL /  
IMPROVING PRODUCTION SUSTAINABILITY CHEMICAL PLANT PERFECTING  
INDUSTRIAL MAINTENANCE ACTIVITY

M Sc. Nivys Feal Cuevas

[nivys@ciget.vcl.cu](mailto:nivys@ciget.vcl.cu)

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Villa Clara (CIGETVC), Cuba

Dr. Ronaldo F. Santos Herrero

[ronaldo@uclv.edu.cu](mailto:ronaldo@uclv.edu.cu)

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba

Dr. Cs. Erenio González Suárez

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

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba

Ing. Ernesto Miguel Arce Guevaras

[emag@ciget.vcl.cu](mailto:emag@ciget.vcl.cu)

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Villa Clara (CIGETVC), Cuba

RESUMEN

Se presenta un estudio para la determinación de algunas causas que provocan la no sostenibilidad de la Industria Química en Cuba. Se parte del análisis de los efectos como disminución de la calidad final, estabilidad del sistema y la aptitud del proceso. Valorando que estos indicadores están dados por la baja disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de la industria, dados principalmente por la poca efectividad de la gestión empresarial, seguido de la obsolescencia tecnológica y las malas prácticas de mantenimiento. Se propuso una metodología para eliminar y reducir las causas críticas, específicamente las que inciden en la actividad de mantenimiento, de forma que permita identificar los equipos y sistemas críticos, evaluar el ciclo de vida de los mismos, establecer la jerarquización de estos, facilitando al empresario establecer un orden de prioridad, según los riesgos, fallas, etc., para la toma de decisiones. Se analizan las prácticas de mantenimiento y realizan las propuestas de mejoras, a partir, de los resultados obtenidos, así como las estrategias de mantenimiento a implementar. Una vez iniciada la implementación se realiza un monitoreo y ajustes de las mejoras, permitiendo mejorar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de la industria y su sostenibilidad productiva.

PALABRAS CLAVE

Mantenimiento; Mantenimiento de industria química; Sostenibilidad

*Artículo de investigación. Resultado del trabajo científico-metodológico.*

## ABSTRACT

A study is presented to determine the main causes for the non-sustainability of the Chemical Industry in Cuba. It starts from the analysis of the decrease of final quality effects, the system stability and the aptitude of the process. By means of valuing the following indicators: low availability, reliability of Cuban industry, the ineffectiveness of business management, the technological obsolescence and poor maintenance practices. A methodology was proposed to eliminate and reduce the critical causes, specifically, those that affect the maintenance activity, so as to identify the critical equipment and systems. Also, evaluate its cycle of life and establishes the hierarchy, to facilitate the entrepreneur to establish a priority order according to risks, failures, etc., for decision making. The maintenance practices are analyzed and the improvement proposals are made, starting from the results obtained, as well as the maintenance strategies to be implemented. Once the implementation begins, monitoring and adjustments of the improvements are made, allowing improving the availability, reliability and maintainability of the industry and its productive sustainability.

## KEYWORDS

Chemical industry maintenance; Maintenance; Sustainability

## INTRODUCCIÓN

La industria química en la actualidad mantiene escenarios económicos que se caracterizan por mercados abiertos que exigen un elevado nivel de competitividad, conduciendo a una profunda reflexión sobre las causas del estado actual de la misma.

Es conocido que, desde la desaparición del campo socialista se interrumpieron abruptamente, a comienzos de la década del 90 las relaciones comerciales y financieras excepcionales que el país sostenía con ellos. Entre 1990 y 1991 desapareció el CAME. Se inició el Período Especial.

Esta situación provocó un marcado retroceso en la producción industrial en el escenario económico cubano caracterizada por: la pérdida total del suministro de materias primas, repuestos, mercado externo, disponibilidad de tecnología atrasada con alto consumo energético, el país tenía un gran número de industrias sobredimensionadas, las que por las causas antes mencionadas se encontraban con bajo aprovechamiento productivo. Todo esto originó que muchos de los programas inversionistas de la revolución en Cuba se paralizaran, dándole prioridad a los programas de la salud, educación, alimentarios y a la adecuación de nuestro sistema económico a las nuevas condiciones del contexto internacional.

Como consecuencia, las industrias cubanas vieron reducida su capacidad potencial productiva, por lo que tuvieron que paralizar y conservar líneas de producción, debido a la falta de materias primas y materiales tradicionales, a la baja demanda nacional y a una reducida capacidad exportadora.

Aproximadamente una década después, el país logra sobrevivir e identificar nuevas oportunidades de negocios para la exportación, sin embargo, la industria cubana no logra el esplendor que alcanzó en su momento, además del deterioro de la industria, la producción no es suficiente, la tecnología instalada no se corresponde con la del mercado actual y con altos consumos de materias primas y recursos energéticos; el bajo nivel de mantenimiento e insuficientes inversiones durante años, han provocado una baja disponibilidad técnica hasta llegar a la obsolescencia o paralización de plantas o líneas de proceso, haciéndose necesario la adquisición de nuevas maquinarias y equipos, con muchas dificultades para acceder a créditos externos y sin minimizar errores propios que fueron descapitalizando la industria, todo esto requirió cambiar el enfoque económico financiero de las organizaciones, logrando autonomía en el sistema empresarial a partir de la generación de los ingresos netos.

Las industrias necesitan producir al más bajo costo, con alta calidad y un mayor nivel de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de sus equipos, para poder cumplir con los requerimientos técnicos, económicos y legales, manteniéndose eficientemente competitiva en el mercado.

Este trabajo resume el estudio realizado para aumentar la sostenibilidad industrial en la rama química, pretendiendo lograr resultados que incremente la productividad, así como mejorar la calidad de las producciones, seguridad y ambiente de trabajo, alineándose la empresa con los requerimientos de las Normas ISO 9001, 14001 y la 45001.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la actualidad, los directivos deben tomar decisiones importantes para lograr el autofinanciamiento y responder a las demandas del país, lograr sustitución de importaciones y aumentar sus productos exportables. Asignatura pendiente en la actualidad, muchos acuden a trasladar los altos costos al cliente, que es la población y empresas estatales, incrementando los costos de producción de estos últimos que se ven obligados a aumentar los precios de sus productos, acrecentando la inflación y la pérdida de competitividad de los productos cubanos en el mercado nacional e internacional, así como la sostenibilidad de industria.

Por lo que se hace necesario la disminución de los costos, a partir de la reducción de:

Los tiempos perdidos por averías en los equipos e instalaciones.

El consumo de materias primas y materiales.

Energías.

Desperdicios.

Mano de obra.

Es por ello que se hace necesario un análisis de todas las fuentes que afectan la sostenibilidad y posibles soluciones a tener en cuenta para la industria cubana, específicamente la química, sus objetivos fundamentales son:

- Determinar su sostenibilidad.
- Generar alternativas en caso de no lograrlo.

Ver figura No.1.

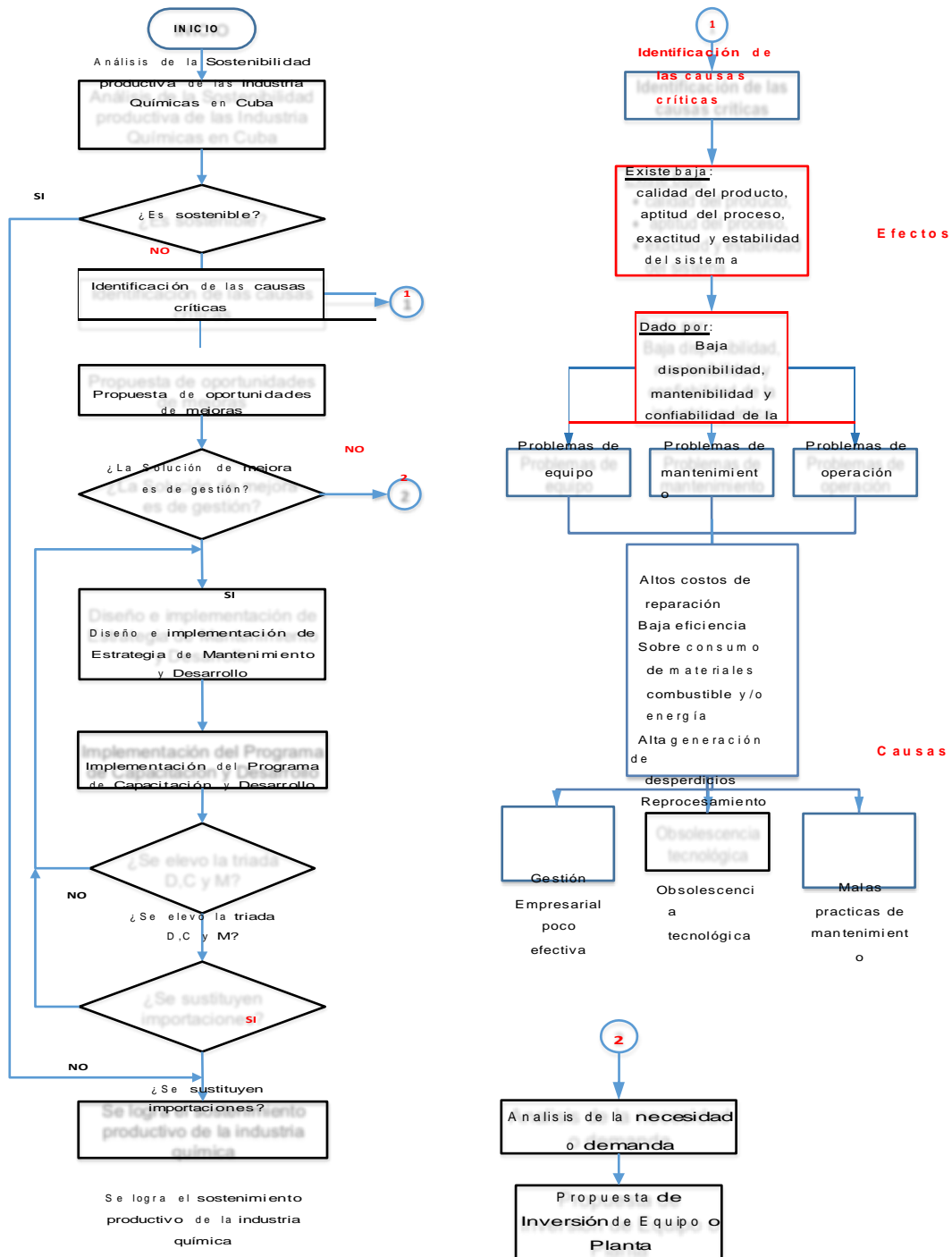


Figura No. 1 Análisis de las causas de la no sostenibilidad y propuesta de mejoras.

Es conocido que las interrupciones en la industria están dadas fundamentalmente por problemas del equipamiento, de mantenimiento, o problemas de operación y aunque no se muestre en el gráfico se puede plantear que todos los problemas anteriormente reflejados son agudizados por problemas de gestión empresarial inadecuada, dado en un gran porcentaje por la falta del dominio tecnológico y de conocimiento en las técnicas de dirección y gestión organizacional.

En la mayoría de instalaciones industriales, específicamente la química está caracterizada por pérdidas que afectan la productividad y capacidad competitiva. La mayoría de ellas permanecen ocultas dentro de las operaciones cotidianas.

Generalmente un problema es muchas veces la causa de otros o el resto de los problemas, por lo que resulta importante identificar, inventariar y mantener un sistema de registros de información que revelen las transformaciones de estas pérdidas que caracterizan la industria.

La no sostenibilidad de la industria está dada por muchas causas, las cuales para identificarlas se propone seguir los pasos mostrados en la figura No. 1. En el diagrama identificado con la . Una de las razones que más afectan a la sostenibilidad de una industria química cubana está ofrecida por la "baja disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad" que presenta esta, es aquí donde radica la importancia del mantenimiento industrial. La actividad que asegura el mayor aporte de valor a la organización, ya que su propósito es lograr un sistema productivo y de servicios, estable, con mayor calidad, reducción de los impactos al medio ambiente y mayor seguridad para el personal, al menor costo posible.

Es comprobado que el mantenimiento en Cuba es una de las actividades más desatendida de los últimos años, atentando contra el desarrollo de la industria en el país; debido a eso para la "Actualización del modelo socialista cubano", se creó un grupo de trabajo temporal el cual realizó el Diagnóstico del Estado Técnico de las instalaciones y de la Gestión del Mantenimiento en 91 empresas seleccionadas pertenecientes a 8 organismos.

Este diagnóstico concluyó en el mes de junio del año 2017, con resultados que afirman que el mantenimiento en la industria cubana carece de una política que asegure el estado técnico de nuestras instalaciones industriales y que solo el 15,5 % de los problemas identificados, corresponden a la disponibilidad de recursos y falta de financiamiento, y el 84,5 % de los problemas son de planificación, organización, gestión del mantenimiento, capacitación y dirección (MINDUS, 2013). Esto confirma que en la mayoría de las industrias químicas sucede:

Inadecuada programación y elaboración de planes de producción por debajo de la capacidad de diseño de las plantas, no se tienen en cuenta el estado técnico de las mismas y en ocasiones los planes son ajustados por personas de organismos rectores que desconocen la instalación.

Pérdidas por mala calidad e interrupciones de la producción.

Incumplimiento de los planes de producción por:

- Reiteradas paradas, debido a averías y fallas del sistema.
- Paradas por falta de materias primas.
- Paradas por ajuste del equipamiento.
- Baja calidad de sus producciones y pérdidas de tiempo de operación del equipo, al fabricar productos que no cumplen las normas y Sistemas de Gestión de la Calidad.
- Falta de disciplina tecnológica.
- Equipamiento técnico obsoleto y deteriorado que provocan pérdidas e impiden que el equipo pueda operar al máximo nivel, ya que presentan altos niveles de fallas repetitivas, afectando la producción, los costos y el medio ambiente.
- Improvisadas modificaciones al equipamiento por determinadas causas operativas y logísticas.
- Exceso de desperdicios.
- Fluctuación del personal.
- Falta de visión estratégica y efectiva gestión empresarial de los directivos y funcionarios.
- No existen estrategias de desarrollo, ni se cumplen los planes de mantenimiento.

Debido a los resultados del diagnóstico y a lo mencionado con anterioridad, el MINDUS se dio a la tarea de dictar la Resolución No. 116/2017, estableciendo la "Indicaciones Metodológicas que contienen los Requisitos Técnico-Organizativos mínimos del Sistema de Mantenimiento", para las industrias en Cuba.

Entre los principios que rigen el Sistema de Mantenimiento Industrial, se encuentra la de mejorar la efectividad de los mantenimientos, mejorar los procesos, alargar la vida útil del equipamiento, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y tiempo de operación de los equipos, y sobre todo una reducción significativa de los costos de producción, aumentar la disponibilidad de las unidades hasta el nivel preciso y asegurar el cumplimiento del plan de producción.

#### Sostenibilidad Industrial

La sostenibilidad en la industria se apoya de una serie de estrategias y programas que implementados y actualizados en forma sistemática se complementan y sirven como medio de solución a la situación actual de la industria cubana. Para lograr la sostenibilidad industrial se propone, ver figura No. 2.

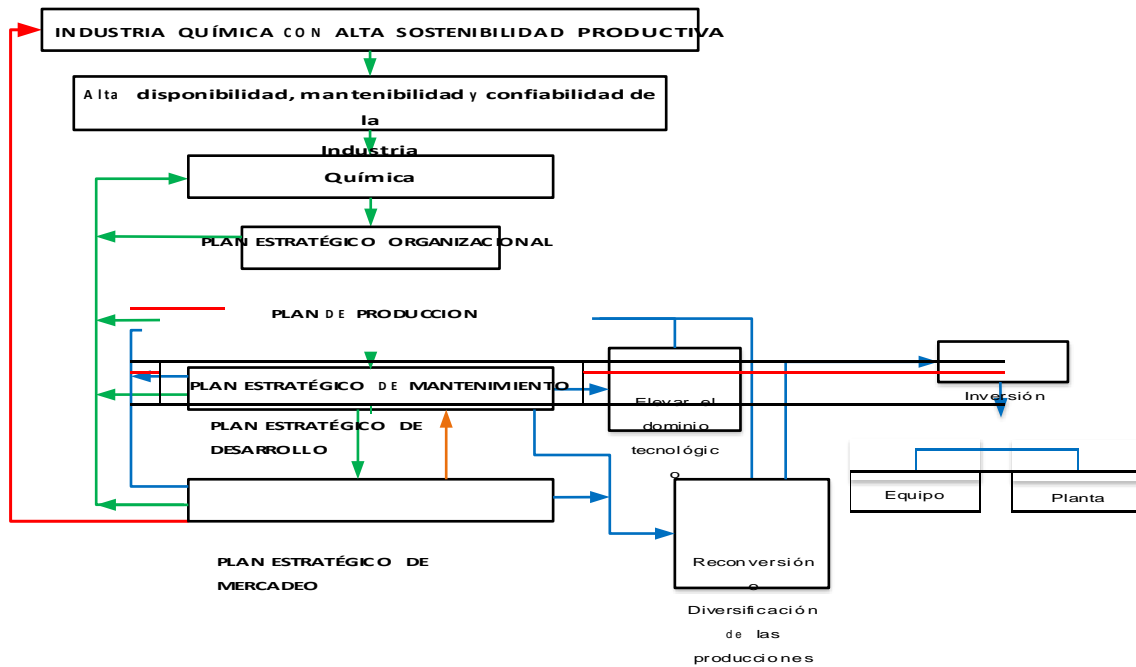


Figura No. 2. Enfoque metodológico para alcanzar sostenibilidad de la Industria Química Cubana.

Como se observa, la sostenibilidad de la industria depende de factores como la triada de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, ventajas que si son aprovechadas con efectivas estrategias organizacionales, permiten trazar planes de producción altos, proporcionando mayores ingresos para la industria y sus trabajadores mediante los diferentes sistemas de pagos, los cuales deben estar apoyados en las estrategias de mantenimiento a emplear en la industria y son las responsables de los tiempos perdidos, los costos de producción, de la calidad, seguridad de los trabajadores y los impactos al medio ambiente.

Estas, respaldadas por las estrategias de desarrollo y de mercadeo identifican y caracterizan las demandas, diversifican y renuevan sus productos y servicios, todas las tácticas mencionadas son responsables de que la industria cumpla su misión fundamental: de producir y satisfacer las demandas de sus clientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lograr todos los requisitos antes mencionados depende de factores claves como el mantenimiento, tema que en la actualidad es considerado el "Talón de Aquiles" de la industria cubana y es donde el grupo de autores se concentrará, ya que las estrategias de desarrollo es contenido de otro artículo.

### Implementación de la metodología

Primera mente, la alta dirección debe apoyarse en un grupo de trabajo formado por los directivos, tecnólogos, especialistas de mantenimiento, desarrollo y obreros de gran experiencia, también se

puede apoyar en consultores externos, ya sea de las universidades o Centros de Servicios Científico Técnicos.

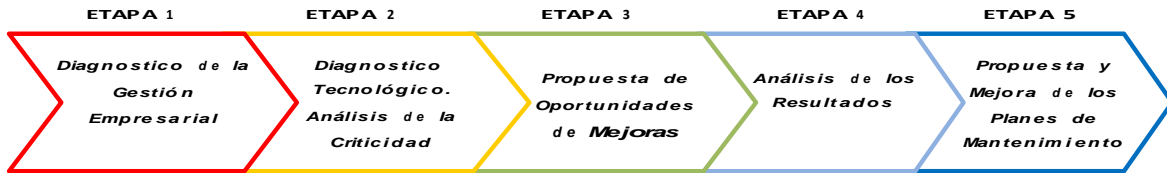


Figura No. 3. Etapas de la Metodología de Diseño de Estrategias de Mantenimiento.

#### Etapa 1: Diagnóstico de la Gestión Empresarial

En esta etapa se realiza una caracterización de la industria, estructura organizativa, objeto social, cartera de productos, análisis de los indicadores económicos, nivel científico del personal, Estrategias Corporativas, cumplimiento de los Planes Técnico Económico de los últimos años (3-5 años). Planes de inversión, Estudios de mercados, etc. Generación del Plan de Mejoras derivada del análisis de la estructura organizacional, y resultados del Análisis FODA, Perfil Competitivo, matriz BCG, etc.

#### Etapa 2: Diagnóstico Tecnológico. Análisis de la Criticidad

##### 1. Caracterización tecnológica de la organización.

Inventario y evaluación del patrimonio tecnológico de la organización.

Evaluación del dominio tecnológico.

Análisis y evaluación de la efectividad del mantenimiento de la instalación.

- Definir el tipo de industria donde está colocada el centro industrial o productivo de estudio (química, petroquímica, farmacéutica, alimentaria, automoción, logística, servicios, agricultura, etc.)
- Tipo de maquinaria que se utiliza en la industria donde se realiza el diagnóstico (líneas de montaje, máquinas rotativas, maquinaria del sector energético (intercambiadores de calor, tuberías, depósitos, bombas.), nivel de automatización, instrumentación, aparatos de calibración, transporte, informática, entre otros).
- Número de equipos que se dispone.
- Estructuración de los equipos por familias, con características de frecuencia de fallos y hallar los parecidos.

Análisis de la documentación técnica y contable a fin de lograr datos de precisión, sobre la vida útil de los equipos.



La vida útil de los equipos está dada por dos aspectos diferentes: financiero y operativo; ambos representan el periodo de tiempo en el que el equipo está vigente dentro de una empresa. Desde el punto de vista:

Financiero: depende de las políticas empresariales y contables.

Operativo: tiene que ver con la propia naturaleza de los equipos: productividad, tecnología, mecánica, mantenimiento. O sea, se define como el ciclo en el que un equipo puede desempeñar la labor para la que fue diseñado, de una manera eficiente y segura.

El análisis del ciclo de vida permitirá la toma de decisiones en cuanto a: cuándo reparar o cuándo sustituir el equipo o línea de proceso, en muchas ocasiones, aunque el equipo no ha concluido con su ciclo de vida, el mismo debido a malas prácticas de mantenimiento u operacionales llega a un estadio en el cual su disponibilidad y confiabilidad es baja, encareciendo los costos de producción debido al incremento de los gastos en recursos, mantenimiento entre otros factores.

Nota: La vida útil de un equipo por lo general está determinada por el cuidado que se le ha prestado a lo largo de su vida, en especial en su mantenimiento.

Análisis de la criticidad, ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan, considerando los riesgos relacionados con:

- Personal.
- Ambiente.
- Pérdida de producción.
- Impacto económico (lucro cesante, impacto en operaciones).
- Impacto en la reputación o imagen corporativa, etc.

Definir los tipos de fallos y su frecuencia, para poder pronosticar que incidencias se pueden encontrar en el tipo de industria donde se realiza el diagnóstico. Resulta fundamental, definir la edad, identificar la vida útil disponible (como plantea Vion\*, Salzman, & Paolantonio, 2009) y la probabilidad de falla asociada a cada uno de los componentes utilizados en la labor de esta empresa.

Estudios de disponibilidad industrial, se procede a la clasificación de la disponibilidad, la determinación de las causas y el porcentaje de incidencias de las mismas en las zonas críticas o artículos críticos por mantenimiento.

Verificar el estado físico (por observación de las condiciones generales y particulares de trabajo e inspecciones).

Verificar la realización de los mantenimientos para comprobar la veracidad de la documentación técnica del departamento de mantenimiento de la industria. Determinando los problemas de equipos.

Jerarquización de equipos mediante las Metodologías de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad (CDMS) o Análisis de criticidad (AC) teniendo en cuenta: flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo), efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción, efecto en la calidad del producto efecto en la seguridad, ambiente e higiene, costos de paradas y del mantenimiento, frecuencia de fallas / confiabilidad, condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad), flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento, requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento, disponibilidad de repuestos. Según lo planteado por (Espinosa, Salinas, & Leiva, 2010)

En muchas ocasiones, la confiabilidad de planta es confundida erróneamente con hacer mejor la función de mantenimiento. La confiabilidad de planta se refiere a la confiabilidad en general de todos los activos en la línea de producción y se determina como la medida de la confiabilidad individual de cada uno de los activos de producción. (Trujillo, s.f)

Entre estas causas, no asociadas a factores económicos de importancia, está la insuficiencia de los sistemas de gestión de mantenimiento disponibles para resolver de manera equilibrada los problemas de disponibilidad y seguridad de las instalaciones ((V, 2003), (Valle & Oлива, 2004))

Para el logro de una constante Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad de la industria, se puede observar que esta depende de dos caminos, de la inversión y de la efectiva gestión de la organización.

### Etapa 3: Propuesta de Oportunidades de Mejoras

Las propuestas de mejora, se realizarán según la distribución de los modos de falla/equipos/subsistemas, dando las pautas para enfrentar los problemas desde el punto de vista de la confiabilidad, producto de la alta frecuencia de intervención, o bien desde la mantenibilidad, dados los altos tiempo, medio de reparación. Es de aclarar que para que se tenga confiabilidad en equipos y sistemas, no se debe olvidar que esto requiere necesariamente inversión de capital.

### Partiendo de:

Pronóstico que establezca las expectativas de la vida futura de los equipos, líneas de producción, instalaciones e industrias a partir de las propuestas de las oportunidades de mejoras.

Revisión de la factibilidad de utilizar las perspectivas desarrolladas en el estudio, teniendo en cuenta la posibilidad de utilizar todas las instalaciones con la presente condición de estado y obsolescencia tecnológica en el futuro.

Evaluación de las estadísticas y desarrollo de las vidas estimadas, incluyendo la comparación de las estimaciones actuales y propuestas con los criterios de grupos de

expertos en diseño, operación y mantenimiento de Plantas Químicas, (profesores de universidades, especialistas de reconocida experiencia en las actividades).

Estudio de la interacción hombre-máquina (identificando los problemas de operación) y determinar los factores que afectan la productividad de las líneas.

#### Propuestas de oportunidades de mejoras

Identificación de los trabajos pendientes por ejecutar, jerarquizadas en función de impacto en la Estrategia Organizacional, con un plan de:

- Reparación capital, Reconversión, Modernización, Inversión (de equipo o planta), Plan de Capacitación para aumentar el dominio tecnológico y la gestión del mantenimiento en la organización

Esta etapa genera la información e identificación de los recursos necesarios para elaborar o actualizar las estrategias, políticas y planes de mantenimiento al identificar y concretar las actividades de mantenimiento más impactantes que se han dejado de hacer y proponer soluciones a las fallas repetitivas que paralizan los equipos, sistemas e inciden en la producción.

#### Etapas 4: Análisis de los Resultados

¿Qué resultados a esperar?

Disminución de los costos de producción. Reducir los tiempos perdidos por averías.

Descenso del reprocesamiento y consumo de materias primas y materiales.

Reducción de los desechos industriales y por consiguiente de los impactos ambientales.

Optimizar el uso de la capacidad instalada.

Mayor control y pronóstico de los riesgos de los equipos e instalaciones durante todo su ciclo de vida.

Alargar la vida útil y optimizar los costos de los equipos e instalaciones.

Aumentar la competitividad de la industria.

Es por ello que se hace necesaria una constante evaluación efectiva del funcionamiento de cualquier industria, de modo que les permita a través de un conjunto de indicadores, establecer las prioridades de la demanda de proyectos de desarrollo y reparaciones capitales en función de la disponibilidad real de la organización y las fuentes de financiamiento. Teniendo siempre en cuenta que "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" (Zamora, Suárez, Salgado, Garciga, & Kafarov, 2009)

#### Etapa 5: Propuesta y Mejora de los Planes de Mantenimiento

Basados en los resultados obtenidos en la etapa 4, el equipo de dirección de la industria, incluyendo el personal de desarrollo y mantenimiento debe:

Retroalimentarse de las experiencias, trabajos ejecutados y ajuste del Plan de Mantenimiento.

Tener identificado de forma más precisa el listado de partes y repuestos óptimos, jerarquizados según su nivel de riesgo e impacto en la producción.

Mantener de forma permanente el análisis de Costo Riesgo y Beneficio.

Mantener actualizado los análisis de ciclo de vida de los equipos y sistemas, de forma que se tengan las suficientes evidencias para mostrar la necesidad de sustitución o reparación de los equipos e instalaciones.

Lograr la totalidad de la información de mantenimiento documentada y las competencias del personal de forma que pueda responder y asumir con exactitud y sin improvisar cualquier proyecto de desarrollo de la industria.

Actualizar los Planes de Mantenimiento en correspondencia con la información consolidada.

#### CONCLUSIONES

1. Esta metodología considera el estudio de las variables que inciden en la determinación de las vidas útiles de los principales equipos instalados en la industria, permitiendo conocer el estado de envejecimiento del equipamiento estudiado, sus posibles patrones de fiabilidad y disponibilidad a corto y mediano plazo, utilizando distintos procedimientos técnicos de inspección y mantenimiento, así como la estimación de la expectativa de vida aplicable de las distintas categorías de activos.
2. La estrategia del uso del financiamiento disponible debe estar basada en estudios que permita optimizar los recursos y ponerlos donde se obtenga mayor rendimiento económico, técnico, financiero aportando beneficios al desarrollo de la industria y el país.
3. No todos los equipos y sistemas de una misma industria tendrán la misma estrategia y tipo de mantenimiento, se podrá aplicar algunas variantes que dependerán de la fiabilidad, mantenibilidad y confiabilidad.
4. La decisión de inversión depende de la relación costo-beneficio, la rentabilidad sobre la inversión.
5. El logro de mantenimientos más efectivos, mejora la fiabilidad funcional de los sistemas relacionados con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallos y minimizar el costo de mantenimiento.
6. Para aumentar la producción en una planta, es indispensable que las tres disciplinas

disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se relacionen entre sí, de tal manera que: si se quiere aumentar la disponibilidad en una planta, sistema o equipo, se debe:

- Aumentar la confiabilidad, expresada como el tiempo disponible para producción.
- Reducir el tiempo empleado en la reparación
- Aumentar la confiabilidad y reducir el tiempo empleado en la reparación simultáneamente.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Espinosa, F. F., Salinas, G. E., & Leiva, P. P. (2010). Jerarquización del Reemplazo de Equipos Productivos de Acuerdo a su Nivel de Cumplimiento de los Objetivos de la Empresa. *Información Tecnológica*, 22 (4), 97-106.
2. MINDUS. (2017). Resolución No. 116. Indicaciones Metodológicas que contienen los Requisitos Técnico-Organizativos mínimos del Sistema de Mantenimiento.
3. ONN. (2015). NC ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad — Requisitos. La Habana, Cuba: ONN.
4. ONN. (2015). NC ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental - Requisitos Con Orientación Para su Uso — Requisitos. La Habana, Cuba: ONN
5. ONN. (2018). NC ISO 45001. Sistemas de Gestión Ambiental - Requisitos Con Orientación Para su Uso — Requisitos. La Habana, Cuba: ONN
6. Trujillo, G. (s.f). *La importancia estratégica de la confiabilidad de planta para mejorar la Competitividad*. Obtenido de Reliability web:  
<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/la-importanc>
7. V, A. T. (2003). Metodología de la Gestión de Mantenimiento Orientado a la Seguridad y la Confiabilidad. *V Taller Internacional de la Cátedra de Seguridad de la Industria*. C. Habana, Cuba: Centro de Prensa Internacional.
8. Valle, A. T., & Oliva, J. d. (2004). Sistema de Gestión de Mantenimiento Orientado a la Seguridad y la Disponibilidad. *XV Congreso Anual de la SNM y XXII Reunión Anual de la SMSR/XV*. Cancún.
9. Vion\*, E. R., Salzman, C. H., & Paolantonio, A. D. (2009). Gestión De Activos, Experiencias En El Cálculo De Vida Útil E Impacto De La Supervivencia De Los Bienes En El Desarrollo De Sistemas Eléctricos. *XiiiEriac Décimo Tercer Encuentro Iberoamericano De Cigré*. Puerto Iguazú. Argentina: Universidad de Belgrano Ingeniería- Grupo GEIISE.
10. Zamora, M. M., Suárez, E. G., Salgado, Y. C., Garciga, J. P., & Kafarov, V. (2009). Metodología para la Reconversión en las Instalaciones en la Industria de Procesos Considerando la Incorporación de la Producción de Biocombustibles. *Tecnología Química*, 99-106.