



**Optimización de la Gestión de Procesos y Decisiones en Petroquímica Rio
Tercero S.A.: Estrategias para una Administración Eficiente**

Sergio Sebastián Verdú

Universidad Siglo 21

Maestría en Administración de Empresas

Septiembre de 2024

Director: Mgter. Eduardo Julián Smolarz

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos	2
Índice de Figuras	4
1. Introducción.....	5
2. Planteamiento y Formulación del Problema.....	8
3. Objetivos.....	11
3.1. Objetivo General.....	11
3.2. Objetivos Específicos	11
4. Marco Teórico.....	13
4.1. El modelo de Gestión.....	13
4.1.1. <i>Indicadores de Gestión</i>	14
4.1.2. <i>Tipos Mantenimiento</i>	17
4.1.3. <i>Gestión de Recursos Humanos</i>	18
4.1.4. <i>Gestión Medioambiental</i>	19
4.1.5. <i>Gestión de la Energía</i>	19
5. Metodología	22
5.1. Indicadores de Gestión	24
5.1.1. <i>Indicadores Producción</i>	24
5.1.1.1. <i>Conceptos Básicos</i>	24
5.1.2. <i>Indicadores de Desempeño Energético (IDEns)</i>	31
5.1.3. <i>Indicadores de Recursos Humanos</i>	32
5.1.4. <i>Indicadores de Mantenimiento</i>	33
5.1.4.1. <i>Conceptos Básicos</i>	33

5.1.5.	<i>Fuentes de Información para Indicadores</i>	37
5.1.6.	<i>Análisis de Causa Raíz (ACR)</i>	38
5.1.7.	<i>Modelado de los Sistemas Térmicos</i>	40
5.2.	Encuesta	42
6.	Resultados	45
7.	Conclusiones	48
	Bibliografía	50
	Apéndice A: Matriz FODA	52
	Apéndice B: Mantenimiento	55
	Apéndice C: Encuesta – Análisis de Datos	60
	Apéndice D: Procedimiento de ACR	63
	Apéndice E: Caso de aplicación de ACR	65
	Apéndice F: Caso de aplicación de Modelado de los Sistemas Térmicos	68

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema productivo de PR3	10
Figura 2: Cuatro tipos de medidas de desempeño	15
Figura 3: Ciclo Planificar – Hacer – Verificar – Actuar	21
Figura 4: MTBF - Mean Time Between Failure	35
Figura 5: MTTR - Mean Time To Repair.....	35
Figura 6: Modelado de los sistemas térmicos de PR3 en Microsoft Excel.....	41
Figura B 1: Tipos de Mantenimiento, según el efecto de cambios en el activo.....	55
Figura B 2: Tipos de Mantenimiento: programado vs. No programado	57
Figura H 1: Curvas de eficiencia de los generadores de vapor.....	69
Figura H 2: Curvas de rendimiento de la generación de energía.	70

1. Introducción

Durante el período de la industrialización por sustitución de importaciones en Argentina, las industrias petroquímicas emergieron como uno de los motores más dinámicos del crecimiento económico en las décadas de 1960 y 1970. Este auge se caracterizó por la creación de complejos industriales que albergaban diversas plantas en diferentes regiones del país. En la década de 1970, como respuesta a esta tendencia, se estableció Petroquímica Río Tercero S.A. (PR3), una empresa mixta conformada por Atanor, Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) y Fabricaciones Militares (FM). Ubicada en la Ciudad de Río Tercero, en la Provincia de Córdoba, PR3 ha estado comprometida desde 1981 en la producción industrial de productos químicos y petroquímicos. Luego, tras la promulgación de la Ley 23.696 en 1990, conocida como la Ley de Reforma del Estado, PR3 pasó a manos del sector privado marcando un cambio en su gestión y estrategia empresarial.

El producto principal de PR3 es el diisocianato de tolueno (TDI) en su línea petroquímica. Desde su inicio en 1981 con una capacidad nominal de 16,000 toneladas por año de TDI, PR3 se ha enfocado en su fabricación y suministro a nivel local, regional y global. A lo largo de los años, la empresa ha implementado programas destinados a mejorar continuamente su productividad y aspectos relacionados con la calidad, el medio ambiente y la seguridad ocupacional, siguiendo las Normas ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, NSF y el Programa Cuidado Responsable del Medio Ambiente de la Cámara de Industrias Química y Petroquímicas de la República Argentina. Gracias a estos esfuerzos, la capacidad instalada de producción se ha incrementado a 27.000 toneladas por año de TDI a partir de 2000. Además del TDI, PR3 también produce ácido clorhídrico, soda cáustica, hipoclorito de sodio y policloruro de aluminio en su línea química.

La organización tiene en planta permanente 374 personas, de las cuales 31 están en oficina central Pilar Buenos Aires y 343 en planta industrial, mientras que empresas contratistas aportan mano de obra complementaria que varía según las necesidades.

PR3 ha experimentado un notable progreso en términos de eficiencia y productividad, impulsado por la continua innovación tecnológica. La búsqueda de la excelencia y la eficiencia se ha convertido en el principal objetivo de la empresa en sus instalaciones de producción. Para lograrlo, PR3 realiza inversiones estratégicas dirigidas a la optimización de los costos operativos y al aumento de los rendimientos en sus unidades de fabricación.

En cuanto al producto TDI, la principal competencia está dada por la importación, mientras que, en el caso de los productos químicos, por empresas multinacionales y nacionales instaladas en Argentina.

Después de experimentar notables éxitos en el pasado, lo que impulsó el crecimiento de la empresa, PR3 llegó al año 2012 con una producción que operaba cerca del 95% de su capacidad instalada. Sin embargo, ese mismo año, el cierre de la planta de TDI operada por Dow Chemical en el polo petroquímico de Camaçari, Estado de Bahía, Brasil, y la puesta en marcha de grandes complejos productores en otras partes del mundo, planteó desafíos significativos para PR3. En primer lugar, el cese de la producción en Brasil llevó a ese país a equiparar los aranceles de importación con los del Mercosur y, en segundo lugar, las empresas de otros lugares del mundo comenzaron a ofertar sus excedentes de producción en Argentina a precios que estaban por debajo del costo variable de producción de PR3, por lo que la empresa enfrenta una situación delicada, caracterizada por una serie de factores que crean un entorno desafiante para su actividad. Entre ellos se encuentran la retracción del dinamismo del mercado interno (principal destino de los productos finales), explicado centralmente por la caída del poder adquisitivo de los salarios en años consecutivos. A lo que, además, se suman los aumentos de tarifas de gas, energía eléctrica, combustibles y materias primas, junto con la constante amenaza de la apertura económica.

En vista de esta coyuntura, resulta esencial implementar un plan que permita una gestión efectiva de los procesos, con un enfoque en la optimización de la capacidad instalada y la capacidad de vender la producción de manera independiente de las fluctuaciones económicas.

Este trabajo se desarrolla como una intervención profesional que busca proporcionar medios y herramientas con el fin de asistir a la Gerencia de Producción de PR3 en la toma de decisiones orientadas a mejorar la competitividad y la gestión de procesos en el contexto de Petroquímica Rio Tercero S.A.

En una primera etapa, se abordará la problemática identificada, justificando su relevancia, y se establecerán tanto los objetivos generales como los específicos de esta investigación.

A continuación, se proporcionará un marco teórico que incluirá una revisión exhaustiva de la literatura. Este marco teórico tiene el propósito de describir, comprender e interpretar el problema

planteado, además de proporcionar un marco de referencia necesario para la interpretación de los resultados.

Posteriormente, se detallará la metodología utilizada, junto con la justificación de la elección de esta metodología. También se describirán los pasos seguidos para recopilar los datos requeridos, así como los instrumentos utilizados para su obtención.

Finalmente, se presentarán los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de esta investigación.

2. Planteamiento y Formulación del Problema

En el contexto planteado, la subsistencia de PR3 depende de políticas de estado y primordialmente de una altísima eficiencia productiva.

Mientras que, la reducción de costos a través de la optimización de procesos y recursos sin pérdida de calidad y capacidad productiva es sin duda uno de los mayores desafíos en este escenario de competitividad creciente, la confiabilidad operacional es otro gran aspecto por mejorar, por lo que resulta necesario integrar y alinear un conjunto de actividades técnicas, operativas y administrativas, que a través de la asignación de recursos y entrega de servicios contribuirán en el aseguramiento de la confiabilidad.

El mantenimiento debe dejar de ser visto como un centro de gastos, para convertirse en un sistema integral que fomente la creación de valor y la generación de utilidades. En su función debe aportar estrategias de mejoramiento, a partir del diagnóstico y análisis de las oportunidades y la evaluación del impacto del mantenimiento en la empresa.

En lo concerniente a los mandos intermedios, PR3 reconoce a este grupo como fundamental para el éxito de la organización porque gestionan tanto a personas como a resultados y proporcionan vínculos vitales en toda la organización; pero la empresa deberá dedicar más tiempo, dinero y atención a sus mandos intermedios para tener éxito, porque este grupo está perdiendo solidez.

PR3 no es ajena al cambio generacional, y aunque los veteranos apenas pueden ya encontrarse, el modelo es el de empresa envejecida, en el que la brecha de edad entre jóvenes y “veteranos” puede ser de más de 40 años. Hoy conviven los baby boomers, los de las generaciones X e Y y los recién llegados de la generación Z. ¿Resultado de la mezcla? Conflicto de intereses. Cada generación ve primero lo negativo de la otra en vez de buscar puntos de encuentro.

Los cambios generacionales que se producen en la empresa sitúan a ésta en una importante encrucijada. Saber gestionar adecuadamente este tipo de crisis es fundamental ya que las jubilaciones se están llevando tras de sí una serie de conocimientos, habilidades y valores altamente relevantes para la organización.

Dentro de la empresa existen diferencias en lealtad y apoyo hacia la organización. Los superiores (supervisores, jefes y gerentes) se inclinan, generalmente, más que sus subordinados a

identificarse con la organización y a apoyarla; las políticas y las actuaciones organizacionales es más probable que sean consideradas por ellos como normalmente correctas.

La compañía es consciente del impacto económico, social y medioambiental que tiene sobre la comunidad que coexiste en su contexto, dada la naturaleza invasiva y la escala de sus operaciones. Además de los riesgos técnicos y geológicos, PR3 enfrenta un amplio espectro de riesgos sociales y gubernamentales originados en el usufructo de los recursos naturales que pueden incidir en las operaciones o incluso detenerlas por completo. Al tomarlos en cuenta en su conjunto, estos factores representan un alto riesgo y, por tanto, obligan a la compañía a prestar atención a la comunidad e involucrarse con ella como parte central de su estrategia de negocio.

PR3 consume una gran cantidad de energía y en estos momentos dispone de opciones factibles para disminuir sus consumos, mediante actuaciones que favorecen además la reducción de gastos y por supuesto la reducción del consumo de recursos no renovables. Es necesario apuntar a un “crecimiento sostenible”, definido como la promoción de una forma de trabajar que haga un uso más eficaz de los recursos e incremente y/o contribuya a la competitividad de la empresa.

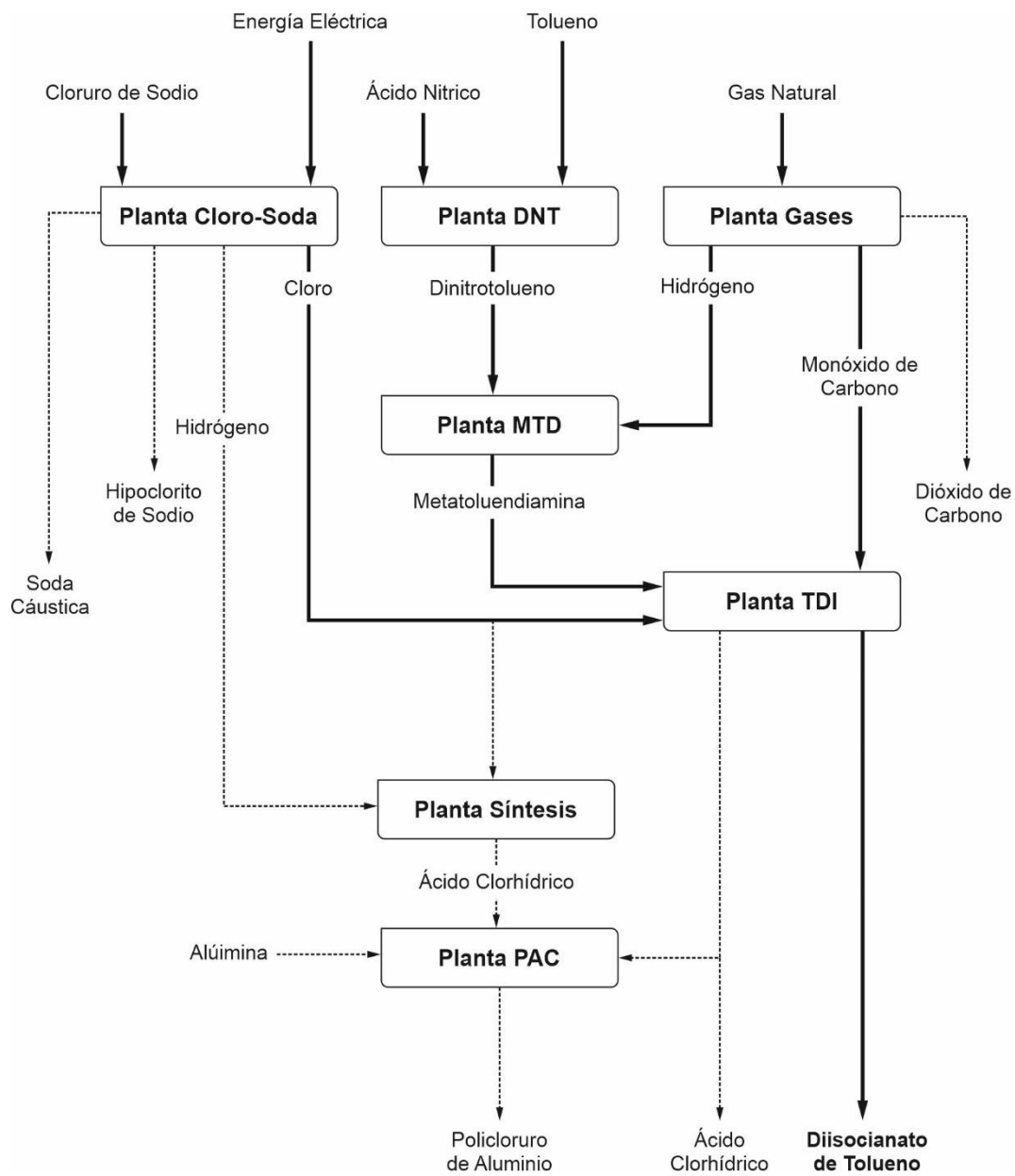
Por último, en ocasiones se ve una falta de relación entre estrategia y presupuesto. De este modo nos encontramos con situaciones en las que se destina parte del presupuesto en actividades que no aportan valor ni se alinean con los objetivos de la organización, mientras que lo que es prioritario para la misma se queda relegado a un segundo plano por no contar con los medios y recursos que permitan su ejecución.

En resumen, para asegurar su subsistencia y eficiencia, PR3 debe enfocarse en mejorar la comunicación y el liderazgo, optimizar procesos y recursos, y fortalecer la confiabilidad operacional. Además, es crucial gestionar adecuadamente el cambio generacional y alinear las estrategias con el presupuesto. La empresa debe involucrarse con la comunidad local y promover un crecimiento sostenible, reduciendo el consumo de recursos no renovables. Estas acciones serán fundamentales para enfrentar los desafíos actuales y garantizar un futuro competitivo y sostenible.

El esquema productivo del complejo se muestra en la Figura 1, destacando la integración vertical adoptada por PR3 como una medida de protección contra riesgos y en el Apéndice A se presenta la matriz FODA de la compañía, en la que se identificaron las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas del negocio.

Figura 1

Esquema productivo de PR3.



Fuente: Elaboración propia.

En función de lo anterior, la pregunta central que intentará responder el trabajo es:

¿Qué estrategias y métodos pueden optimizar el proceso de toma de decisiones en PR3 para mejorar la eficiencia en los costos de producción, el uso de recursos no renovables y el consumo de energía?

Por su parte, de esta pregunta se desprenden las siguientes preguntas específicas:

¿Cómo pueden los indicadores de gestión proporcionar una evaluación efectiva del uso adecuado de los recursos en PR3?

¿Qué procedimientos podrían implementarse para aumentar la confiabilidad del sistema que ya se encuentra en operación asegurando que todo activo físico pueda desempeñar las funciones deseadas?

¿De qué manera podrían facilitarse las decisiones en aspectos relacionados con el uso los recursos no renovables y el consumo de energía?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Desarrollar estrategias y métodos para optimizar el proceso de toma de decisiones en PR3 S.A., con el fin de identificar y mitigar los factores que impactan negativamente en los costos de producción, el uso de recursos no renovables y el consumo de energía, proporcionando así a la Gerencia de Producción una base sólida para la formulación de un plan integral de gestión de procesos eficiente.

3.2. Objetivos Específicos

Obj. 1: Ofrecer a la Gerencia de Producción un conjunto de herramientas operativas para obtener reportes inteligentes, indicadores claves de desempeño tipo KPIs (por sus siglas en inglés) y alertas claves para la toma de decisiones exitosas orientadas a la disminución de riesgos, eficiencia operativa, reducción de costos, maximización de recursos, gestión de activos, planificación operativa y financiera.

Obj. 2: Instrumentar un proceso estructurado de deducciones lógicas que permita identificar las relaciones causa-efecto que conducen a la falla de los activos. Con esto se podrá determinar la estrategia de mantenimiento más conveniente a aplicar en cada equipo.

Obj. 3: Diseñar una herramienta que permita simular diversos escenarios en el uso de los sistemas térmicos de la empresa (calderas, generadores de energía, etc.), con el fin de identificar los aspectos que inciden negativamente en el consumo de recursos no renovables, en el consumo energético y en la administración de los procesos relacionados a ello.

4. Marco Teórico

4.1. El modelo de Gestión

Un modelo de gestión puede entenderse a partir de dos conceptos fundamentales: "gestión" y "modelo". El término "gestión" engloba dos habilidades esenciales: la capacidad para resolver problemas y la habilidad para tomar decisiones acertadas, ambas dirigidas a lograr resultados óptimos. Esta idea se respalda en la afirmación de Falconi (2015), quien sostiene que "gerenciar es resolver problemas" (p. 34). Por otro lado, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, la palabra "modelo" se refiere a un esquema teórico de un sistema o una realidad compleja. Por lo tanto, podemos definir un modelo de gestión como una referencia que describe cómo una empresa alcanza sus objetivos, alineados con un bien común. Falconi (2015) añade que un modelo de gestión es un conjunto de acciones interconectadas que deben ejecutarse de manera coordinada para lograr los resultados de la empresa. Este modelo se convierte en la base para desarrollar estrategias, se traduce en acciones operativas y sirve como herramienta para monitorear y mejorar la eficacia en ambas áreas (p. 39).

Un modelo de gestión está integrado por diferentes componentes con el único fin de alcanzar y mantener los resultados en el tiempo. Un ejemplo es el modelo de Administración Estratégica propuesto por David (2013), donde define que este modelo permite que una organización sea más proactiva que reactiva en lo que se refiere a dar forma a su futuro; permite que una empresa inicie e influya las actividades (en vez de sólo responder a ellas) y, de esta manera, ejercer control sobre su propio destino (p. 14).

Es importante introducir los conceptos de Kotter (1997), el cual hace una clara diferenciación entre Administrar y Liderar, y explica:

La administración es un conjunto de procesos que pueden hacer que un sistema complicado de personas y tecnología funcione sin problemas. Los aspectos más importantes de la administración incluyen planear, presupuestar, organizar, proveer personal, controlar y resolver problemas.

El liderazgo es un conjunto de procesos que da lugar a organizaciones en primer lugar, o que las adapta ante circunstancias significativamente cambiantes. El liderazgo define cómo debería de ser el futuro, alinea a la gente con esa visión, y los inspira para hacerla realidad a pesar de los obstáculos. (p. 28)

Para Rubio y Perea (2011) los modelos de gestión deben ser dinámicos para permitirle a la empresa adaptarse a los cambios del entorno y de la empresa misma; en este sentido, en la puesta en marcha de éstos, se deben tener en cuenta los factores organizacionales necesarios para que esta implementación sea un éxito. La claridad del por qué y el para qué del cambio, la identificación y participación de los involucrados, la implementación y comunicación oportuna del cambio, son ejemplo de dichos factores (p. 13).

4.1.1. Indicadores de Gestión

Es tanta la información que llega a los líderes de una organización, que es necesario buscar la manera de transformarla y filtrarla, para que realmente contribuya de manera efectiva a la adecuada toma de decisiones, y al mismo tiempo sirva para hacer el seguimiento permanente de las variables clave para el éxito de la gestión de la organización. “Es en tal sentido que los indicadores clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) se convierten en una herramienta clave para el logro de la competitividad no sólo de la organización, sino también personal” (Jaramillo, J., 2000, p. 4).

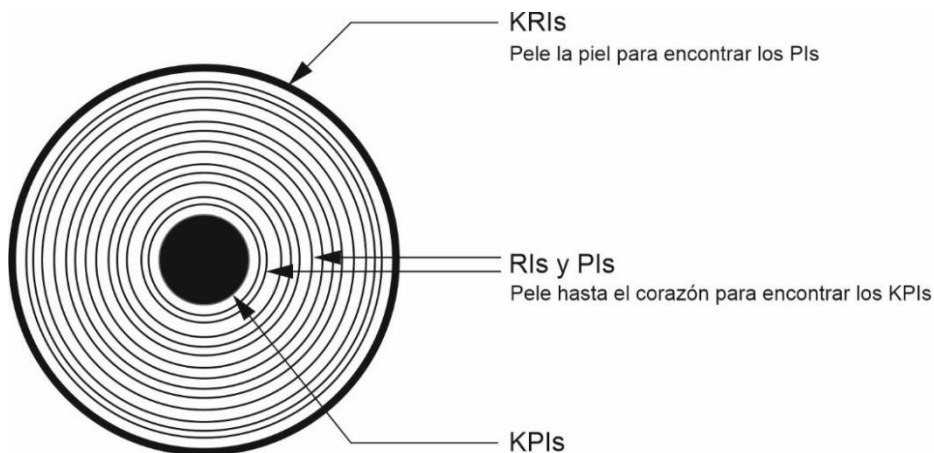
Según Parmenter (2010), los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) "representan un conjunto de medidas que se centran en aquellos aspectos del desempeño organizacional que son los más críticos para el éxito actual y futuro de la organización" (p. 4). En este contexto, Parmenter (2010) señala que "muchas empresas están trabajando con las medidas equivocadas, muchos de los cuales se denominan incorrectamente indicadores clave de rendimiento" (p. 1). Esto subraya la importancia de identificar y utilizar los KPIs correctos para una gestión eficaz del desempeño organizacional.

En su modelo, Parmenter define cuatro tipos de mediciones de rendimiento a los que divide en dos grupos: los indicadores de resultados (KRIs e IRs) y los de rendimiento (PIs y KPIs). Luego los compara con una cebolla (Figura 2), en donde las capas representan los diversos indicadores de rendimiento y resultados, y el núcleo representa el indicador clave de rendimiento

La piel exterior describe el estado general de la cebolla, la cantidad de sol, agua y nutrientes que ha recibido y cómo se ha manejado desde la cosecha hasta el estante del supermercado. La piel exterior es un indicador de resultado clave (un KRI). Sin embargo, a medida que quitamos las capas de la cebolla, encontramos más información. Las capas representan los diversos indicadores de rendimiento (PIs) y resultados (RIs), y el núcleo representa el indicador clave de rendimiento (KPI).

Figura 2.

Cuatro tipos de medidas de desempeño.



Extraído de Paramenter (2010, p. 2)

Tal como explica Paramenter (2010):

Los KRIs dicen como se hicieron las cosas. Son el resultado de muchas acciones y dan una idea clara de si se está viajando en la dirección correcta. Sin embargo, no dicen lo que se debe hacer para mejorar estos resultados. Por lo tanto, los KRIs brindan información que es ideal para aquellas personas que no están involucradas en la gestión del día a día. Los KRIs generalmente cubren un período de tiempo más largo que los KPIs. Se revisan en ciclos mensuales/trimestrales y no en forma diaria o semanal como se hace con los KPIs. Entre los KRIs y los KPIs hay numerosos indicadores de rendimiento y resultados. (pp. 2-3)

El autor hace una analogía con el tablero de un automóvil y dice que la velocidad a la que viaja el automóvil es un indicador de resultado (KRI), ya que la velocidad del automóvil es una combinación de la marcha en la que se encuentra el automóvil y a cuántas revoluciones por minuto está girando el motor. Los indicadores de rendimiento (KPIs) pueden ser qué tan económicamente se conduce el automóvil (por ejemplo, un indicador que muestra el consumo de combustible en litros/km) o qué tan caliente está funcionando el motor (por ejemplo, un indicador de temperatura).

Pero ¿es necesario medirlo todo? La respuesta es no. Tal como dijo Albert Einstein, “no todo lo que importa puede ser contado, ni todo lo que puede ser contado importa”.

La decisión sobre cuáles proyectos, procesos o actividades específicas van a ser medidos o evaluados dependerá del análisis de variables clave, adecuadas y suficientes que suministren información relevante sobre el objeto de evaluación, por lo que no es deseable medirlo todo.

Los indicadores deben tener metas, las que “no puede ser claramente imposible de resolverse a tal punto que desanime a los equipos ya desde el comienzo, ni demasiado fácil a tal punto que no aporte ningún esfuerzo para su solución. Una meta debe establecerse de manera que provoque constantemente la adquisición de nuevos conocimientos por la organización (Falconi, V., 2015, p. 50).

Es importante entender que los indicadores son el reflejo de los resultados de las acciones pasadas, donde, además, se muestra el desempeño de manera detallada en cuanto a cómo se realizaron dichas acciones, es así, que tanto los indicadores de gestión de resultados como los de desempeño, generan una cadena en donde los resultados que se den en un nivel inferior, pueden ser el resultado del desempeño en un nivel superior.

Por lo tanto, tal como dicen Caro y Quiroga (2016):

Los indicadores de gestión hacen parte de los signos vitales de la organización, y su constante monitoreo o seguimiento permite establecer las condiciones e identificar los síntomas que se generan a partir del desarrollo normal de las actividades. Es por esto, que en una empresa se debe contar con el mínimo posible de indicadores que garanticen tener la información de forma verídica, precisa y constante sobre los aspectos de eficacia, eficiencia, efectividad, productividad, entre otros. (p. 3)

Así mismo, no hay que perder de vista el rol que tiene el líder de la organización. Un buen liderazgo es esencial para establecer una visión clara, motivar al equipo, resolver problemas y asegurar que los recursos se utilicen de manera efectiva para alcanzar las metas. Falconi (2015) hace referencia a esto de la siguiente manera:

Otra cuestión relacionada con la identificación del problema es la actitud del líder de la organización. Cuando ese líder presenta el problema principal de la organización (o la meta principal, lo que es lo mismo), él le da una dirección a la atención, la imaginación y la creatividad de todos. Una meta bien puesta puede, incluso, mover la empresa en dirección a la innovación (p 49).

Dice más adelante Falconi (2015), “liderar es alcanzar metas consistentemente, con el equipo y haciéndolo de forma correcta” (p. 107).

En resumen, los indicadores y las metas son herramientas esenciales que los líderes utilizan para guiar a sus equipos hacia el éxito. La habilidad de un líder para establecer metas claras, definir indicadores relevantes y utilizar estos datos para tomar decisiones y motivar a su equipo es crucial para el crecimiento y la eficiencia de una organización.

Deming (1986) subraya la importancia del compromiso de la alta dirección, la responsabilidad colectiva de la calidad y la necesidad de integrar la calidad en el proceso desde el principio. Según Deming:

“La transformación que se requiere debe comenzar con la alta dirección. Sin el compromiso de la alta dirección, no habrá transformación” (p. 23).

“No basta con hacer lo mejor que se pueda; hay que saber qué hacer y luego hacer lo mejor que se pueda” (p. 19).

“No hay nada que pueda sustituir al trabajo en equipo y a los buenos líderes de equipos para que el esfuerzo sea coherente, al igual que el conocimiento” (p. 16).

4.1.2. Tipos Mantenimiento

Existen prácticamente tantas clasificaciones de los “tipos de Mantenimiento”, como autores, organizaciones y softwares que defienden, en sus lógicas conceptuales propias, sentidos y alcances diferentes a los conceptos normalizados. A continuación, se presenta la aclaración de la lógica estandarizada por la norma europea EN-13306.

Tal como explica Sexto (2018), la norma define los tipos de mantenimiento en dos escenarios diferentes (p. 42):

Escenario A: Este escenario se enfoca en determinar si las características originales de diseño del activo se modifican. Si la respuesta es afirmativa, se considerará como Mantenimiento Mejorativo; en caso contrario, el Mantenimiento se clasificará como Preventivo o Correctivo.

Escenario B: En este contexto, evaluamos si es factible planificar las actividades de mantenimiento con anticipación, asignando fechas y recursos. Si es posible, categorizaremos el mantenimiento como Programado; de lo contrario, se clasificará como No Programado.

Para una explicación más detallada, se encuentra disponible el Apéndice B.

Finalmente, para Fernandez (2002):

Uno de los aspectos que ha hecho que Mantenimiento sea un departamento hasta ahora secundario frente al resto de la empresa, ha sido la escasa profundidad de sus informes y documentos. Quizás ello se haya debido a la vorágine en que siempre se encuentra, debido a la cual, las prisas, las urgencias, las llamadas telefónicas les ha impedido dedicar más tiempo a mejorar sus presentaciones e informes. (p. 72)

Continúa diciendo Fernandez (2002) que “cualquier iniciativa que en el mantenimiento avanzado tenga la rigurosidad tecnológica que deseamos debe concretarse en ratios. Cualquier contrato de mantenimiento debe exigir ratios medibles de resultados” (p. 72) y en su libro expone la definición y cálculo de los principales ratios, muchos de los cuales pueden ser tenidos en cuenta como indicadores de gestión.

4.1.3. Gestión de Recursos Humanos

Dado que la empresa necesita ocupar cada vez más posiciones de alto nivel debido a las jubilaciones, los empleados más jóvenes a menudo son promovidos rápidamente, lo que a veces ocurre sin la suficiente experiencia, compensación adecuada o desarrollo profesional apropiado. Esta situación contrasta con la de sus colegas más veteranos, quienes han estado en la empresa durante décadas.

Mestre (2022) recalca que, "los mayores deben ir aceptando los nuevos desafíos que proponen los más jóvenes". Mientras tanto, asegura que "el desafío de los jóvenes es aceptar la experiencia de los grandes; convivir y no desplazar, que en definitiva no hay que cumplir ese rol, sino prepararse para dar nuevos aires a la empresa", y agrega, "las empresas tienen que armar equipos de trabajo y lo importante es que se pueda combinar experiencia con juventud."

Además, como indica García (2019):

A medida que los trabajadores de más edad se vayan jubilando, se llevarán consigo un importante conocimiento acumulado y significativo de los procesos llevados a cabo en la empresa durante los años de trabajo en ella y la exposición al riesgo adquirido durante los mismos. Estos trabajadores que se jubilan pueden tener la oportunidad de inculcar, parte de

ese conocimiento, a sus sustitutos, sin embargo, muchas empresas no tienen este lujo. A menos que este valioso conocimiento se capture de alguna otra forma antes de que el trabajador se jubile y el conocimiento se pierda para siempre.

Por último, para García (2019), es probable que en los próximos años las empresas descubran que deben hacer 'más con menos'. Debido a las presiones financieras y a la dificultad de encontrar candidatos cualificados con los conocimientos adecuados, es más probable que nunca que, las organizaciones renuncien a cubrir los puestos disponibles. Esto significa que los trabajadores actuales tendrán que asumir responsabilidades adicionales y ser aún más productivos que antes.

PR3 tendrá que gestionar adecuadamente estos desafíos si espera mantener un alto nivel de operaciones y desempeño.

4.1.4. Gestión Medioambiental

Dada la necesidad imperante de implementar un plan orientado a la conservación de los recursos naturales, se hace esencial contar con herramientas que guíen inversiones y decisiones con precisión, promoviendo soluciones alineadas con el concepto de "Ingeniería Verde". Este enfoque, como lo describe Mihelcic J. (2011), implica el diseño, descubrimiento e implementación de soluciones de ingeniería que consideren sus impactos y beneficios potenciales en términos del medio ambiente, la economía y la sociedad a lo largo de su ciclo de vida. Según Mihelcic J. (2011), el objetivo principal de la Ingeniería Verde es minimizar los efectos negativos mientras se maximizan los beneficios para la economía, la sociedad y el medio ambiente (p. 260).

La empresa debe encaminar sus operaciones hacia un desarrollo sustentable, como lo define Díaz J. (2011), que implica una "actividad que puede continuar indefinidamente sin que se agoten los materiales o los recursos energéticos requeridos para que continúen trabajando" (p. 85).

4.1.5. Gestión de la Energía

Tal como explica Coakley (2010):

La actividad industrial de todo tipo está cada vez más preocupada en lograr y demostrar el desempeño medioambiental mediante el control de los impactos de sus actividades,

productos y servicios sobre el medioambiente. Para ser eficaces es necesario que se lleve a cabo un sistema de gestión estructurado y que esté bien integrado dentro de la empresa. (p. 37)

Existen normas internacionales que tienen por objeto proporcionar a las empresas, los elementos de un sistema eficaz de gestión que les ayuden a lograr metas ambientales y económicas y sin duda, la Norma ISO 14001 tiene más popularidad dada su amplia adopción por las organizaciones preocupadas por gestionar su impacto ambiental ya desde 1990, pero por otro lado, para la sistematización de los procesos de gestión de la energía, la Norma ISO 50001 nos garantiza eficiencia de las medidas adoptadas, con los paradigmas comunes de las normas ISO: Responsabilidad de la dirección, comunicación y participación de todas las partes de la empresa, planificación de objetivos, puesta en marcha de los planes y finalmente con la revisión y mejora continua del sistema.

En principio, parecería que ambas normas tratan de lo mismo ya que finalmente se obtiene un resultado similar, en la reducción del impacto ambiental. Sin embargo, ambas normas tienen un enfoque muy distinto.

Mientras ISO 14001 se centra en resultado ambiental, la ISO 50001 establece un marco común para la gestión de la Energía, con un enfoque en la optimización del consumo energético para conseguir ahorros de costes. Esta Norma Internacional se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la Figura 3.

Según explica la ISO 50001, en el contexto de la gestión de la energía, el enfoque PHVA puede resumirse la manera siguiente:

Planificar: Comprender el contexto de la organización, establecer la política energética, llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;

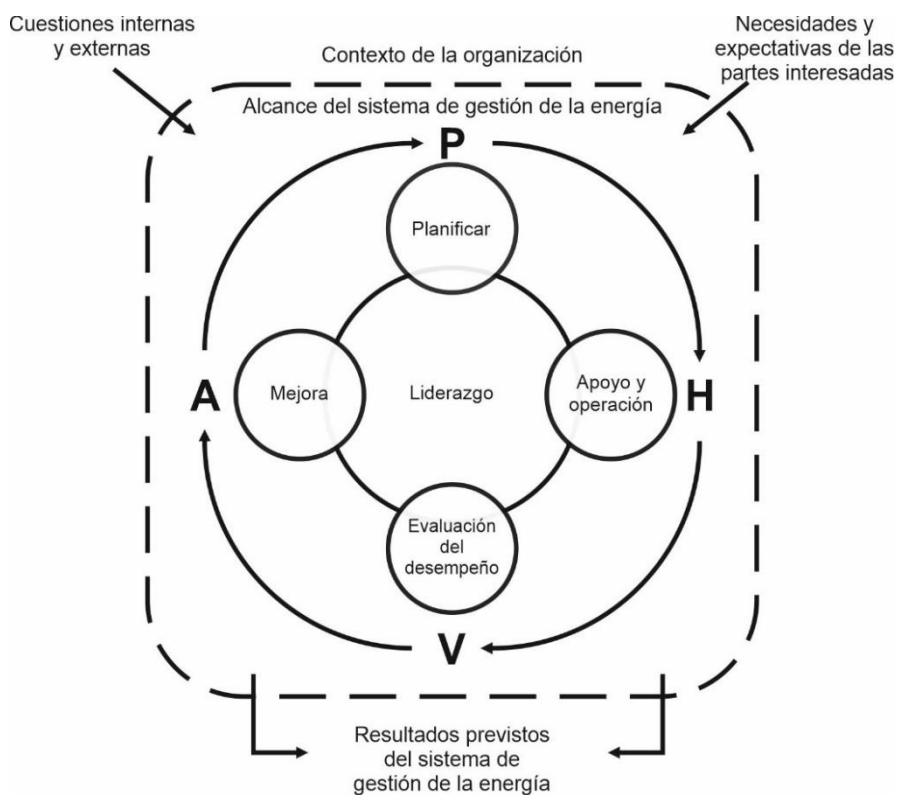
Hacer: implementar los planes de acción de gestión, los controles operacionales y de mantenimiento. Considerar el desempeño energético en el diseño y la adquisición;

Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;

Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).

Figura 3.

Ciclo Planificar – Hacer – Verificar – Actuar



Extraído de Norma Internacional (ISO 50001, p. 10)

5. Metodología

Este proyecto de intervención descriptiva de enfoque cuanti-cualitativo involucra la implementación de estrategias destinadas a abordar y mejorar las dificultades identificadas, con el objetivo de elevar los indicadores de eficiencia del proceso. Aunque los elementos clave para la gestión del mismo constan de seis pasos, el alcance de este trabajo se limita exclusivamente a la ejecución del primero.

El estudio cuantitativo se fundamenta en datos primarios, recopilados directamente de la realidad, mientras que el estudio cualitativo se apoya en datos secundarios, que consisten en información preexistente obtenida a través de la revisión documental y bibliográfica. Estos datos secundarios proporcionan el respaldo teórico necesario para orientar el desarrollo del presente proyecto.

Primer paso

El primer paso consistirá en diseñar e implementar herramientas como KPIs, Análisis de Causa Raíz (ACR) y otras similares para identificar los problemas relacionados con la eficiencia que requieran corrección o que puedan mejorarse en la ejecución de las tareas inherentes al proceso. Estas herramientas son necesarias porque estos problemas no siempre son evidentes a simple vista. Entre las herramientas se incluye una encuesta realizada a una muestra representativa del personal.

En este paso, los indicadores se convierten en uno de los elementos centrales de evaluación de las diferentes variables planteadas dentro de un proceso específico. Es de vital importancia mencionar que cualquier indicador deberá estar orientado a medir aquellos aspectos claves o factores críticos en los cuales la empresa se encuentra interesada en realizar seguimiento y evaluación. En esta etapa se deberán definir las metas, cuya relación con los indicadores simbolizan lo que se espera alcanzar como desempeño, mientras que los segundos identifican lo que será medido, es decir los indicadores servirán de aviso, al entregar información respecto del cómo se está progresando respecto de los objetivos.

Segundo paso

El segundo paso será prepararse para el cambio definiendo claramente su objetivo y comunicarlo de la manera adecuada y con el sentido de urgencia requerido. Se dará intervención a todos los involucrados, garantizando identificar sus resistencias, beneficios y costos que obtendrán

del cambio. En esta etapa, se espera cierta resistencia, por lo que será sumamente importante que los objetivos definidos puedan conseguirse con acciones concretas y bien planteadas. Esto creará una motivación en los trabajadores, lo que evitará que se sientan descontentos con la empresa. Pero a su vez, en cierto sentido, la resistencia al cambio será positiva ya que puede ser una fuente de conflicto funcional, por ejemplo, estimulando un debate saludable sobre las ideas propuestas y dar como resultado una mejor decisión.

Tercer paso

El tercer paso será la aplicación de las actividades que permitan reducir las discrepancias que surgen entre las metas y los valores reales de los indicadores para lograr así ganancias en la productividad de la empresa. Para cada uno de los indicadores es posible aplicar el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) en el contexto del mejoramiento continuo, pero será necesario priorizar comenzando por aquellos que tienen mayor impacto sobre la productividad de la planta.

Cuarto paso

El cuarto paso será analizar los impactos que los cambios produzcan en los procesos, estructuras, etc., de la empresa para garantizar que este se mantenga en el tiempo.

Quinto paso

El quinto paso será garantizar el desarrollo de las competencias en las personas impactadas para que tengan las capacidades y habilidades necesarias para incorporar los cambios en su rutina de trabajo. Todo esto debe estar enmarcado en un liderazgo efectivo donde los comportamientos y actitudes de la alta dirección demuestren su compromiso.

Sexto paso

El sexto paso será medir la eficiencia general de la planta (OEE). El OEE es una medida de lo que realmente se hizo sobre lo que se podría haber hecho en teoría durante ese período de tiempo. La diferencia entre la situación ideal (teórica) y la real se debe a las pérdidas de producción. Debemos estar atentos y dispuestos a introducir cambios en la forma de hacer las cosas si las circunstancias así lo requieren. Algunos cambios serán simplemente tácticos, en tanto que otros podrán llegar a ser de naturaleza estratégica, dependiendo de la magnitud de las reacciones detectadas.

5.1. Indicadores de Gestión

5.1.1. Indicadores Producción

En el siguiente punto, se presenta un sistema diseñado para identificar y clasificar las pérdidas de producción en las unidades productivas. Este sistema tiene varios objetivos esenciales. El primero es identificar las causas subyacentes de la pérdida de capacidad de procesamiento en las unidades de producción, en relación a sus cargas de referencia. El segundo objetivo es proporcionar orientación tanto a nivel técnico como de gestión para mejorar la disponibilidad y confiabilidad del complejo y la cadena de suministro, y por último, se busca facilitar la comparación con los estándares de excelencia en lo que respecta al Factor de Utilización de las unidades operativas y las pérdidas de producción.

5.1.1.1. Conceptos Básicos

Carga de Referencia

Es la carga máxima alcanzable y sostenible en el procesamiento de la materia prima habitual de la unidad, respetando los límites de diseño de los equipos y los requisitos de seguridad, medio ambiente y calidad del producto. La carga de referencia, inicialmente establecida mediante pruebas específicas, está bajo la responsabilidad de la Gerencia General.

Es importante destacar que no se espera que los valores de carga superen constantemente la carga de referencia. Cuando esto sucede, sirve como una señal clara de que es necesario revisar y actualizar el valor de la carga de referencia en cuestión.

En el caso de unidades recién implementadas, la carga de referencia coincide con la carga de diseño y, si es necesario, puede ajustarse según los mismos criterios. Este proceso de actualización de los valores de carga de referencia se lleva a cabo al comienzo de cada año, y también puede ajustarse en momentos diferentes si existen razones fundamentadas para hacerlo.

Factor de Utilización (FUT)

Es la medida de la utilización de una unidad determinada en relación con su carga de referencia. Esta medida se traduce en la siguiente expresión:

$$\text{FUT} = \text{Carga Procesada} / \text{Carga de Referencia}$$

$$\text{FUT} = (\text{Carga de Referencia} - \text{Pérdidas Totales}) / \text{Carga de Referencia}$$

Dónde:

Pérdidas Totales = Pérdidas Internas + Pérdidas Externas

Pérdidas Internas = Pérdidas cuyo origen está dentro de la Unidad de Negocio

Pérdidas Externas = Pérdidas cuyo origen está fuera de la Unidad de Negocio

Fator Operacional Interno (FOI)

Es la medida de la disponibilidad operativa de una determinada Unidad de Proceso en relación con su carga de referencia, luego de computar las pérdidas de esta capacidad de procesamiento por causas internas a la Unidad de Negocio.

FOI = (Carga de referencia - Pérdidas internas) / Carga de referencia

Ejemplo:

Mes	enero 2023
Unidad de Negocio	TDI
Carga de referencia	3,53 t/h
Producción total.....	1.426 t
Producción perdida por baja carga por causas internas	13 t
Producción perdida por paradas por causas internas	261 t
Producción perdida por baja carga por causas externas.....	800 t
Producción perdida por paradas por causas externas	123 t

FUT = Carga Procesada / Carga de Referencia

FUT = 1.426 / (31 x 24 x 3,53)

FUT = 0,542

FOI = (Carga de referencia - Pérdidas internas) / Carga de referencia

FOI = ((31 x 24 x 3,53) - (261 + 13)) / (31 x 24 x 3,53)

FOI = 0,895

La diferencia entre el FUT y el FOI indica la presencia de factores externos que reducen el funcionamiento de la planta por debajo de la carga de referencia.

CMP (Causa de Pérdida de Producción)

Es el efecto observado lo que causó la pérdida de producción. Para fines prácticos, los equipos se identifican con un código denominado TAG, que es una codificación alfanumérica. Por ejemplo, el código P-2902 identifica la bomba 02 del sector 2900.

Ejemplo: Si la unidad redujo su carga porque paró una bomba, la causa inmediata será dicha bomba y la producción no realizada se computa contra la carga de referencia.

Origen de la Pérdida

Es el área responsable del problema que más contribuyó a la causa de la pérdida de producción.

Caracterizar el origen de las pérdidas es de gran importancia en el proceso de gestión de la Unidad de Negocio y, a medida que el área responsable se compromete a identificar las causas básicas de los problemas, debe establecer programas no sólo para eliminarlos, sino también para evitar que vuelvan a ocurrir. Considerando el aspecto anterior, es de toda conveniencia que la identificación del origen de las pérdidas sea realizada por un equipo multidisciplinario conformado por representantes de las distintas áreas de la Unidad de Negocio. Si bien se recomienda involucrar a las áreas técnicas correspondientes para la correcta clasificación de la causa inmediata de las pérdidas, el detalle del origen de las pérdidas y la especialidad involucrada, debe haber un único responsable de todo el proceso de apropiación de pérdidas de producción.

Si en el caso del ejemplo anterior, la razón por la cual la bomba se paró fue una mala operación, el origen de la pérdida será Operaciones, pero si la bomba paró por una falla mecánica el origen de la pérdida será Mantenimiento.

Eficiencia Global del Equipos (OEE - Overall equipment effectiveness)

El método llamado Efectividad General del Equipo, u OEE, ayuda a comprender mejor qué tan bien se está desempeñando un área de fabricación e identificar qué limita una mayor efectividad.

OEE = Disponibilidad x Productividad x Calidad

La métrica OEE se divide en tres componentes esenciales:

Disponibilidad: Es la parte de la métrica OEE que representa el porcentaje de tiempo programado en que la unidad está disponible para operar. A menudo, se le conoce como tiempo de actividad.

Productividad: La productividad indica la carga a la que la unidad está funcionando en relación con su capacidad de referencia, también expresada como un porcentaje. A veces se denomina rendimiento.

Calidad: Este componente evalúa la producción que cumple con las especificaciones requeridas, es decir, productos de calidad, en comparación con la producción total realizada. Se expresa en términos de porcentaje.

Es importante destacar que es posible calcular más de un indicador OEE. La recomendación mínima es utilizar dos de ellos: uno que refleje la eficiencia del negocio en su totalidad, denominado OEE_n, y otro que excluya las pérdidas externas, lo que proporciona una medida más específica de la eficiencia de la unidad productiva en sí, conocido como OEE_p. Sin embargo, es factible calcular otros indicadores OEE adicionales para abordar aspectos específicos. Por ejemplo, se podría calcular un OEE que no tenga en cuenta las pérdidas derivadas de problemas de recursos humanos, lo que proporcionaría una evaluación aún más enfocada en el estado de las instalaciones.

Continuando con el Ejemplo anterior:

Mes	enero 2023
Unidad de Negocio	TDI
Horas de parada por causas internas	74
Horas de parada por causas externas	35

OEE_n = Disponibilidad (n) x Productividad (n) x Calidad (n)

Disponibilidad (n) = (Horas disponibles – Horas de parada) / Horas disponibles

Disponibilidad (n) = $(31 \times 24 - 74 - 35) / (31 \times 24)$

Disponibilidad (n) = **0,853**

Productividad (n) = Carga Procesada / Carga posible

Productividad (n) = $1.426 / ((31 \times 24 - 74 - 35) \times 3,53)$

Productividad (n) = **0,636**

Calidad (n) = Prod. en esp. / Prod. total

Calidad (n) = $(1.426 - 50) / 1.426$

Calidad (n) = **0,964**

OEE_n = $0,853 \times 0,636 \times 0,964 \times 100$

OEE_n = 52,29%

OEE_p = Disponibilidad (p) x Productividad (p) x Calidad (p)

Disponibilidad (p) = (Horas disponibles – Horas de parada por causas internas) / Horas disponibles

Disponibilidad (p) = $(31 \times 24 - 74) / (31 \times 24)$

Disponibilidad (p) = **0,900**

Productividad (p) = (Carga Procesada + Prod. perdida por baja carga por causas externas) / Carga posible

Productividad (p) = $(1.426 + 800) / ((31 \times 24 - 74 - 35) \times 3,53)$

Productividad (p) = **0,993**

Calidad (p) = Prod. en esp. / Prod. total

Calidad (p) = $(1.426 - 50) / 1.426$

Calidad (p) = **0,964**

OEE_p = $0,900 \times 0,993 \times 0,964 \times 100$

OEE_p = 86,15%

La diferencia entre los valores de OEE, donde el OEE del Negocio (OEE_n) es menor que el OEE de la planta (OEE_p), indica la presencia de factores externos que afectan al negocio independientemente del funcionamiento de la planta

Un puntaje OEE del 100% representaría una producción perfecta, lo que significa que se estaría fabricando TDI de alta calidad, manteniendo la carga de referencia y sin interrupciones. En el contexto de industrias como PR3, un puntaje OEE_n del 85% se considera el estándar de excelencia a alcanzar.

MTBF (Mean Time Between Failures) ó Tiempo Medio Entre Fallos

Si bien el MTBF es una métrica típica de mantenimiento que muestra cuánto tiempo opera un equipo sin interrupción, también es posible aplicarla en unidades de producción.

MTBF = Tiempo en marcha / Cantidad de paradas

DCE (Desvío de Costo Estándar)

Cada producto es costeado considerando los consumos reales de materias primas e insumos, pero simultáneamente se costea considerando los consumos estándares. De esta manera podemos calcular que tan apartado de la idealidad está el costo de producción.

DCE = (Costo Real – Costo estándar) / Costo estándar *100

CP (Cumplimiento de la producción planificada)

Antes del inicio del año calendario las Gerencias se reúnen y definen las producciones de cada mes del año posterior, luego es posible realizar el seguimiento del cumplimiento mediante la siguiente fórmula:

CP = Producción Real / Producción Planificada *100

Continuando con el Ejemplo anterior:

Mes enero 2023

Unidad de Negocio TDI

Producción planificada.....	1.820 t
Costo real	1.730 USD/t
Costo estándar	1.690 USD/t
Cantidad de paradas	6

$$\text{MTBF} = (31 \times 24 - 74 - 35) / 6$$

$$\text{MTBF} = \mathbf{105 \text{ h}}$$

$$\text{DCE} = (1.730 - 1.690) / 1.690 \times 100$$

$$\text{DCE} = \mathbf{2,4\%}$$

$$\text{CP} = 1.426 / 1.820 \times 100$$

$$\text{CP} = \mathbf{78\%}$$

El Mean Time Between Failures (MTBF) indica que, en promedio, la planta experimentó una interrupción cada 105 horas, lo que se encuentra por debajo del objetivo deseado de superar las 300 horas. En cuanto al Desvío de los Consumos Específicos (DCE), se registró un valor del 2,4%, el cual se considera elevado para el mes en análisis. El objetivo es mantenerlo por debajo del 0,5%.

Por su parte, el indicador de Cumplimiento del Presupuesto (CP), muestra que no se logró alcanzar la producción prevista en el presupuesto para el mes analizado. En consecuencia, surge una pregunta fundamental al analizar estos resultados: ¿Qué fue lo que sucedió? Para responderlo es necesario analizar las Causas de Menor Producción (CMP), que para el mes examinado fueron las siguientes:

1. 800 t Alto stock de TDI.
2. 152 t Problemas en bombas.
3. 123 t Conflicto Gremial (externo).
4. 62 t Ausencias del personal.
5. 55 t Ensuciamiento de equipos.
6. 6 t Fallas en la instrumentación.

Las causas 1 y 3 son atribuibles a factores externos a la planta, lo que explica la diferencia entre los valores de OEE de la planta y el desempeño general del negocio. Mientras que las demás

causas se originan internamente y, por lo tanto, requieren una atención y tratamiento específico para abordarlas adecuadamente.

5.1.2. Indicadores de Desempeño Energético (IDEn)

La norma ISO 50001, define a los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn), como valores cuantitativos o medidas del desempeño energético. Agrega además que los IDEn pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo. En nuestro caso adoptaremos los siguientes IDEn:

PMeE = Productividad Media de la Energía Eléctrica

PMeE = Total de unidades producidas / Consumo de energía eléctrica

PMV = Productividad Media del Vapor

PMV = Total de unidades producidas / Consumo de vapor

Donde el “Total de unidades producidas” es igual a la suma de las producciones de los 3 (tres) principales productos del complejo (TDI, Cloro y PAC).

Continuando con el Ejemplo anterior:

Mes	enero 2023
Producción de TDI	1.426 t
Producción de PAC.....	2.723 t
Producción de cloro	709 t
Consumo total de energía eléctrica.....	7.059 MWh
Consumo total de vapor	22.808 t

PMeE = Total de unidades producidas / Consumo de energía eléctrica

PMeE = (1.426 + 2.723 + 709) / 7.059

PMeE = 0,69

PMV = Total de unidades producidas / Consumo de vapor

$$PMV = (1.426 + 2.723 + 709) / 22.808$$

PMV = 0,21

Como puede verse se generaron 0,69 toneladas de productos por cada megavatio-hora (MWh) consumido y 0,21 toneladas por cada tonelada de vapor producido. Estos resultados, que se reflejan en los indicadores de Productividad Media de la Energía Eléctrica (PMeE) y Productividad Media del Vapor (PMV), se consideran adecuados y en línea con los valores de referencia internacional.

5.1.3. Indicadores de Recursos Humanos

Si bien el área de RRHH lleva sus propios indicadores, desde la Gerencia de Producción se siguen de cerca aquellos valores sobre los que puede tener injerencia. Estos son:

AUS = Ausentismo

$$AUS = \text{Personas ausentes por día} / \text{Cantidad de personas de sector} \times 100$$

HE = Horas extras

$$HE = \text{Horas extras trabajadas} / \text{Horas totales trabajadas} \times 100$$

Continuando con el Ejemplo anterior:

Mes	enero 2023
Sector	Gerencia de Producción
Cantidad de ausencias	572
Cantidad de personas del sector	241
Horas extras	1.579
Horas totales	33.556

AUS = Personas ausentes por día / Cantidad de personas de sector x 100

$$AUS = (572 / 31) / 241 \times 100$$

AUS = 7,7%

HE = Horas extras trabajadas / Horas totales trabajadas x 100

HE = 1.579 / 33.556 x 100

HE = 4,7%

En el periodo analizado se registró un índice de ausentismo (AUS) del 7,7%, mientras que las horas extras equivalieron al 4,7% de las horas totales trabajadas. Es importante señalar que el valor de ausentismo es superior a las metas de la empresa, ya que el objetivo establecido es mantenerlo por debajo del 5%

5.1.4. Indicadores de Mantenimiento

5.1.4.1. Conceptos Básicos

Mano de Obra Directa (MOD)

La mano de obra directa para el mantenimiento se refiere a los trabajadores que realizan tareas directas relacionadas con el mantenimiento de equipos, maquinaria, instalaciones o cualquier otro activo en una empresa. Estos empleados se dedican específicamente a la labor de mantener en buen estado y funcionamiento los activos de la organización. Estos pueden ser técnicos especializados, electricistas, mecánicos, instrumentistas u otros profesionales que realizan reparaciones, inspecciones, ajustes y otros servicios necesarios para garantizar la operatividad y prolongar la vida útil de los activos.

Contratistas (tercerización)

Los Contratistas son empresas o individuos especializados que brindan servicios de mantenimiento a la organización. Estas empresas o personas se contratan para llevar a cabo actividades de mantenimiento en instalaciones, equipos, maquinaria u otros activos, generalmente a través de contratos a corto o largo plazo.

El seguimiento y control de los costos de mano de obra de contratistas para el mantenimiento es importante para gestionar eficientemente los recursos y presupuestos de mantenimiento. Esto implica tener registros precisos de las horas trabajadas, los tipos de tareas realizadas y cualquier otro gasto asociado. Estos datos son útiles para realizar estimaciones de costos y tomar decisiones

estratégicas en relación con el mantenimiento de los activos de la empresa. Cada tarea se registra mediante un número de Orden de Trabajo (OT), en la cual se cargan todos los gastos asociados a la labor realizada, incluyendo los costos de la mano de obra contratada.

Se proporciona una explicación detallada de las tareas realizadas por las empresas contratistas en el Apéndice B.

Para este caso se adoptó el siguiente indicador:

RM = Relación de Mantenimiento

RM = Horas Mantenimiento propio / Horas de mantenimiento totales

Ejemplo:

Mes enero 2023

Horas de mantenimiento Propio 8.999

Horas de mantenimiento totales 20.700

RM = Horas Mantenimiento propio / Horas de mantenimiento totales

RM = 8.999 / 20.700 x 100

RM = 43%

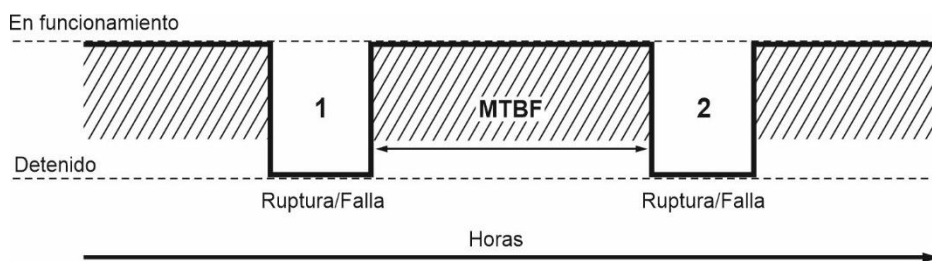
MTBF: Mean Time Between Failure

El MTBF o tiempo medio entre fallos es uno de los indicadores más importantes para el sector de mantenimiento. Consiste en medir el tiempo total de buen funcionamiento medio entre cada fallo de un equipo reparable, convirtiéndose en una herramienta óptima para medir la confiabilidad de la máquina.

La forma más eficiente de administrar este indicador es aplicarlo a cada equipo. Así, como las acciones pueden ser aplicadas de forma individual, se facilitan las intervenciones, aunque cada equipo tenga su ciclo particular.

Lógicamente, cuanto mayor sea el MTBF mejor, ya que los equipos están demorando más para fallar.

MTBF = Suma de horas en marcha del equipo / Número de averías

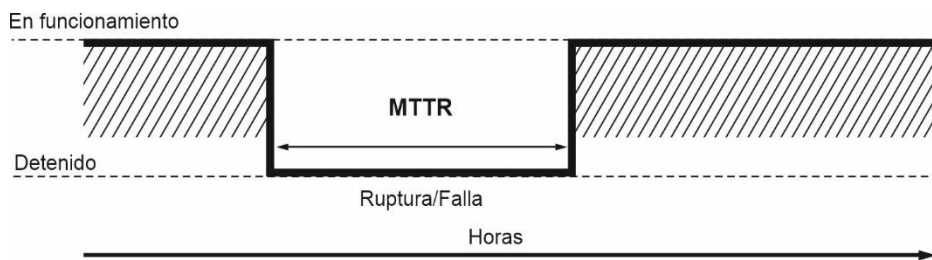
Figura 4.*MTBF - Mean Time Between Failure*

Extraído de <https://traction.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>

MTTR: Mean Time To Repair

Este indicador a través del cual se expresa el tiempo medio para reparación y al contrario del MTBF, el MTTR es un indicador menor/mejor, es decir, debemos trabajar para mantenerlo bajo.

$MTTR = \text{Suma de tiempos de Reparación} / \text{Número de intervenciones}$

Figura 5.*MTTR - Mean Time To Repair*

Extraído de <https://traction.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>

Disponibilidad y Confiabilidad

Disponibilidad: Es la capacidad de un elemento estar en condiciones de ejecutar una cierta función en un instante dado, o durante un intervalo de tiempo determinado.

Confiabilidad: la probabilidad de que un elemento desempeñe su función especificada en la planta, de acuerdo con las condiciones de operación, en un intervalo específico de tiempo.

DISP = Disponibilidad

$$DISP = MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100$$

CONF = Confiabilidad

$$CONF = e^{-\text{tiempo} / MTBF}$$

Ejemplo:

Periodo de tiempo	2 años
Tag del Equipo.....	C-9101
Horas en marcha del equipo	16.464
Número de intervenciones.....	3
Suma de tiempos de Reparación.....	792 horas

MTBF = Suma de horas en marcha del equipo / Número de averías

$$MTBF = 16.464 / 3$$

MTBF = 5.488 horas

MTTR = Suma de tiempos de Reparación / Número de intervenciones

$$MTTR = 792 / 3$$

MTTR = 264 horas

$$\text{DISP} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100$$

$$\text{DISP} = 5.488 / (5.488 + 264) \times 100$$

$$\text{DISP} = 95,4\%$$

$$\text{CONF} = e^{-\text{tiempo} / \text{MTBF}}$$

$$\text{CONF} = 2.71^{-8760 / 5.488} \times 100$$

$$\text{CONF} = 20,2\%$$

Para ilustrar el uso de los indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad, se consideró la operación del compresor C-9101 durante los años 2021 y 2022. Según los cálculos, en promedio, este equipo experimenta una avería cada 5,488 horas (MTBF), con un tiempo de reparación estimado de 264 horas (MTTR). Además, durante el último año, el equipo operó de manera efectiva durante aproximadamente el 95% del tiempo (DISP), y existe una probabilidad de alrededor del 20% de que ocurra una avería en las próximas 8,760 horas, equivalente a un año (CONF).

5.1.5. Fuentes de Información para Indicadores

Todos los indicadores deben ser actualizados con frecuencia diaria con la información que se encuentra disponible en el sistema administrativo de la empresa, el cual considera los ingresos, despachos, producciones, consumos y stocks de productos terminados, productos en proceso, materias primas e insumos de producción.

En este sistema todos los sectores, excepto los Jefes de Planta, cargan la información solicitada (datos de la hora 24:00) entre las 0:00 hs. y las 7:00 hs de cada día. Esta información es procesada por Administración a las 7:00 hs y algunas horas después (luego de controles manuales) se publican los Partes Diarios para consulta de todos los usuarios. Dentro de los usuarios se encuentran los Jefes de Planta, quienes ya con la información procesada deben explicar y cargar las Causas y el Origen de las Pérdidas de Producción (comparando la producción real con la carga de referencia).

Cada indicador debe estar respaldado por una ficha técnica. Como ejemplo se muestra a continuación la ficha del FUT (Factor de Utilización):

Proceso	Producción de TDI
Nombre del Indicador	Factor de Utilización
Código del Indicador	FUT
Responsable	Jefe de Planta de TDI

Definición del Indicador
Medida de la utilización de la unidad de TDI en relación con su carga de referencia.
Objetivo del Indicador
Determinar el potencial de volumen de producción que tienen la unidad durante un periodo de tiempo determinado teniendo en cuenta los recursos que tiene disponible.

Fórmula	Carga Procesada / Carga de Referencia
Variables Utilizadas	Carga de Referencia Pérdidas Totales
Frecuencia	Diaria
Fuente de los datos	Sistema de control administrativo.

Unidad	Valor meta	Valor limite	Ultima revisión	Observaciones
%	Min. 90%	100%	04-08-2023	

Comentarios

5.1.6. Análisis de Causa Raíz (ACR)

El propósito de un Análisis de Causa Raíz (ACR) es investigar, detectar, categorizar y eliminar las causas raíces de eventos que producen o tienen el potencial de producir impacto en seguridad, salud, calidad, medioambiente, confiabilidad y producción, a través de un análisis sistemático de fallas funcionales y sus modos, e implementar acciones preventivas o correctivas que eviten su recurrencia. Para Catalán y Aparisi (2019) “el análisis causa raíz es un proceso de gran importancia y

rigor técnico para llegar a determinar las verdaderas causas de fallos en elementos de máquina, proceso y procedimiento” (p. 94).

El alcance de estas investigaciones se centra en analizar y abordar diversas áreas, como las pérdidas de producción vinculadas a actividades de mantenimiento, la reducción del rendimiento de las máquinas y las roturas recurrentes de equipos, especialmente cuando involucran repuestos costosos. También se investigan los fallos repetitivos de equipos debidos a causas similares.

Todo análisis de un problema se inicia con la recopilación de datos asociados a la no conformidad. La base de la información podrá devenir, según proceda y dependiendo del problema a tratar, de:

- Diagrama de flujo de procesos.
- Datos de frecuencia de la no conformidad, producción diferida, impacto en seguridad/ambiente, etc.
- Manuales de equipos.
- Manuales de operación.
- Condiciones operacionales/tendencias.
- Planes de mantenimiento.

En PR3, como en todas las plantas químicas, se dan a diario no conformidades que tienen su origen en causas triviales, en las que el análisis de causas es automático, claro, fácil y, por ende, la acción correctiva es evidente. En estos casos no sería necesario el realizar un análisis de causas como tal, ni aplicar esta herramienta.

En el Apéndice D se presenta el procedimiento detallado de realización de un ACR y para ejemplificar la aplicación de la herramienta, se realizó la investigación de una pérdida de producto en una bomba. El Apéndice E proporciona detalles sobre este análisis, que ayudó a identificar las causas subyacentes de la pérdida de producto y a establecer un plan de acción para reducir la probabilidad de futuras incidencias.

5.1.7. Modelado de los Sistemas Térmicos

Un sistema térmico se define como un conjunto interconectado de componentes que interactúan entre sí y cuyo comportamiento se encuentra regulado por las leyes físicas y termodinámicas. Estos sistemas se caracterizan por involucrar procesos que incluyen la transferencia de energía, particularmente en su forma térmica, así como su transformación, además de la transferencia de masa y el transporte de fluidos.

Dada su amplia utilización en diversas aplicaciones, los sistemas térmicos han sido objeto de un constante estudio y evolución, orientados hacia un uso más eficiente de la energía. Este enfoque se ha intensificado debido al actual fenómeno del calentamiento global, que no solo tiene repercusiones económicas, sino que también ha impulsado una reflexión global sobre la necesidad de aprovechar adecuadamente la energía y proteger el medio ambiente. En este contexto, se ha desarrollado un modelo matemático que brinda la capacidad de investigar el comportamiento del sistema bajo condiciones específicas. Este enfoque permite una comprensión más profunda de cómo los sistemas térmicos pueden contribuir a la eficiencia energética y, por ende, a la mitigación del cambio climático.

A partir de este modelo, es factible analizar diversas alternativas con el objetivo de:

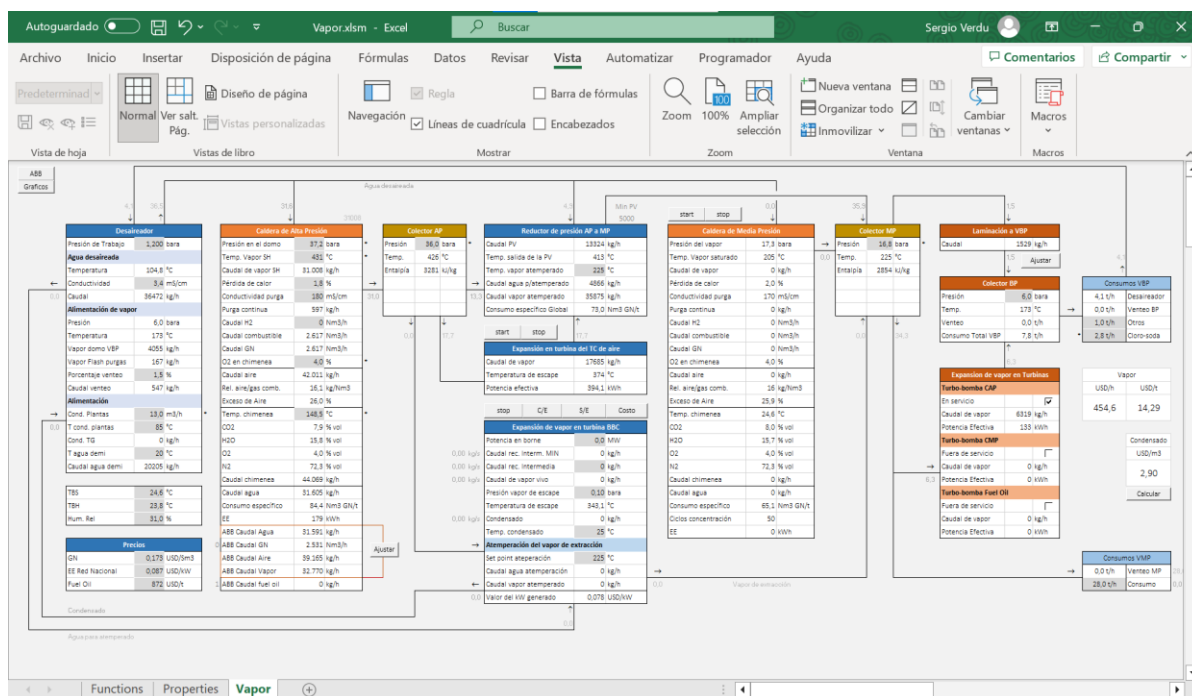
1. Reducir el consumo de recursos no renovables.
2. Evaluar opciones para nuevas instalaciones dentro del mismo complejo, con el propósito de disminuir la extracción de agua de las napas, minimizar el consumo de gas natural en los generadores de vapor y reducir las emisiones de dióxido de carbono.
3. Realizar un análisis exhaustivo de la operación de las instalaciones ya existentes.
4. Diseñar indicadores que proporcionen información precisa sobre el consumo.
5. Estimar la composición de los gases de combustión.
6. Evaluar la viabilidad del uso de combustibles alternativos.
7. Determinar la combinación óptima de los equipos disponibles.
8. Tomar decisiones fundamentadas sobre la operación del turbo-generator, entre otras posibilidades de análisis y mejoras.

Este modelo matemático se convierte en una herramienta valiosa para la toma de decisiones estratégicas que buscan la eficiencia y la sostenibilidad en el sistema.

La modelización se realizó empleando una hoja de cálculo de Microsoft Excel (ver figura 6). En esta hoja se representó el funcionamiento de dos generadores de vapor, un turbocompresor de aire, un generador de energía eléctrica y varios equipos que utilizan vapor como fuente de energía. Además, se incorporaron los costos asociados a las materias primas e insumos necesarios. Una característica destacada de este modelo es su capacidad para simular el efecto de sustituir parte del agua requerida por condensado del vapor de agua recuperado. El condensado no solo actúa como una fuente de agua sino también como una fuente adicional de calor, lo que contribuye a reducir el consumo de gas natural, un recurso no renovable.

Figura 6

Modelado de los sistemas térmicos de PR3 en Microsoft Excel.



Fuente: Elaboración propia

Especialmente en el caso del turbo-generador, que tiene la capacidad de reemplazar hasta el 40% de la energía adquirida del sistema interconectado, la decisión de utilizarlo está estrechamente ligada al costo del gas natural. Cuando la relación entre los precios del gas natural y la energía eléctrica alcanza cierto umbral, la autogeneración deja de ser económicamente favorable. La hoja de

cálculo permite determinar este punto de corte y, de manera más avanzada, calcular la cantidad óptima de energía a generar en función de las condiciones actuales y las variaciones de precios.

En el Apéndice F, se presenta como ejemplo un análisis basado en datos de enero de 2023 que proporciona información esencial sobre la operación, además de evaluar la viabilidad de poner en funcionamiento la generación de energía eléctrica por encima de un umbral específico.

5.2. Encuesta

Realizar entrevistas al personal para detectar problemas de comunicación, liderazgo o descontento de los empleados es un paso crucial para mejorar la eficiencia de la empresa. Además, evaluar el nivel de conocimiento de los empleados sobre los indicadores clave de la permitirá identificar áreas donde se necesite mayor formación o comunicación. La entrevista se estructuró de la siguiente manera:

Introducción: Presentación y explicación del propósito de la entrevista.

Sección 1: Preguntas sobre comunicación.

Sección 2: Preguntas sobre liderazgo.

Sección 3: Preguntas sobre satisfacción y descontento.

Sección 4: Preguntas sobre conocimiento de indicadores clave.

Cierre: Resumen de la entrevista y agradecimiento.

De las 343 personas que trabajan en la Planta Industrial, se seleccionó una muestra compuesta por 5 jefes, 12 supervisores y 20 operadores. Estos representan el 45%, 15% y 8% de los totales de cada grupo, respectivamente, y en conjunto constituyen un poco más del 10% del total de la población. Las preguntas que se realizaron fueron las siguientes:

Sección 1: Comunicación

Pregunta 1: ¿Sientes que tienes acceso a la información necesaria para realizar tu trabajo de manera eficiente?

Pregunta 2: ¿Con qué frecuencia recibes actualizaciones sobre los cambios en la empresa o en tu departamento?

Pregunta 3: ¿Has tenido dificultades para comunicarte con tus superiores o compañeros de trabajo?

Sección 2: Liderazgo

Pregunta 4: ¿Te sientes apoyado y motivado por tus superiores?

Pregunta 5: ¿Recibes feedback regular sobre tu desempeño?

Pregunta 6: ¿Consideras que tus superiores toman en cuenta tus opiniones y sugerencias?

Sección 3: Satisfacción y Descontento

Pregunta 7: ¿Estás satisfecho con tu trabajo y las condiciones laborales?

Pregunta 8: ¿Cuál de los siguientes factores consideras que causa mayor insatisfacción o descontento en tu trabajo? (Selecciona todas las que apliquen)

- Salario y beneficios
- Condiciones laborales (seguridad, entorno físico, etc.)
- Relaciones con compañeros de trabajo
- Relaciones con supervisores o gerentes
- Oportunidades de desarrollo y promoción
- Reconocimiento y valoración del trabajo
- Carga de trabajo y estrés
- Falta de recursos o herramientas para realizar el trabajo

Sección 4: Conocimiento de Indicadores Clave

Pregunta 9: ¿Estás familiarizado con los indicadores clave de desempeño (KPIs) de la empresa?

Pregunta 10: ¿Recibes información regular sobre el desempeño de la empresa en relación con estos indicadores?

Pregunta 11: ¿Cómo crees que tu trabajo contribuye a los indicadores clave de desempeño (KPIs) de la empresa? (Selecciona todas las que apliquen)

- Aumento de la productividad
- Mejora de la calidad del producto
- Reducción de costos operativos
- Satisfacción del cliente
- Seguridad en el lugar de trabajo
- Innovación y desarrollo
- No estoy seguro

Todas las preguntas, excepto las N° 8 y 11 se respondieron con las opciones Nunca, Ocasionalmente, A veces, Habitualmente o Siempre. El procesamiento de los datos se presenta en el Apéndice C.

6. Resultados

Desde el inicio de este trabajo, se ha buscado desarrollar soluciones que mejoren la visibilidad de los procesos operativos y faciliten una toma de decisiones ágil y precisa. En este contexto, se establecieron tres objetivos específicos:

Obj. 1: Desarrollar herramientas operativas para reportes inteligentes y KPIs.

Obj. 2: Implementar un proceso estructurado para identificar causas de fallas.

Obj. 3: Diseñar un sistema para la simulación de escenarios en sistemas térmicos.

Los resultados culminaron en el desarrollo de un conjunto de herramientas y sistemas que cumplen con estos tres objetivos. Estas soluciones proporcionan a la Gerencia de Producción los medios para monitorear y evaluar el rendimiento en tiempo real, identificar tendencias significativas y responder de manera proactiva a los desafíos operativos.

En cuanto a **Obj. 1**, los indicadores presentados no fueron creados específicamente para esta presentación, pero el desafío consistió en adaptarlos a procesos continuos complejos. El Análisis de Causa Raíz (**Obj. 2**) será fundamental como proceso estructurado de deducciones lógicas que permitirá identificar las relaciones causa-efecto que conducen a la falla de los activos. Mientras que el simulador de sistemas térmicos diseñado (**Obj. 3**), presentado en el punto 5.1.7, se destaca por su capacidad para realizar análisis de decisiones estratégicas, alternativas de operación y nuevos proyectos. Los ejemplos planteados respaldan la efectividad de las herramientas propuestas y su capacidad para promover una gestión más eficiente y el continuo proceso de mejora en la organización.

Sin embargo, tener los mejores indicadores y procedimientos, así como las planillas y simuladores más avanzados, no garantiza por sí solo una gestión eficiente. Es crucial identificar si existen problemas de comunicación, liderazgo o descontento entre los empleados. Los indicadores deben ser analizados minuciosamente, los Análisis de Causa Raíz (ACR) deben realizarse con rigor, y la información proporcionada por los simuladores será inútil si no hay un verdadero convencimiento y conocimiento de los objetivos. Es fundamental que los empleados conozcan y se alineen con la visión de la empresa.

Para evaluar el estado actual de estos ámbitos, se realizó una **encuesta** cuyos resultados han revelado varios aspectos claves que afectan el desempeño y la satisfacción del personal. En primer

lugar, la comunicación muestra una tendencia a deteriorarse a medida que se desciende en la estructura jerárquica. En cuanto al liderazgo, se observó que el apoyo y la motivación proporcionados por los superiores son insuficientes, especialmente en los niveles más bajos de la jerarquía. La falta de feedback sobre el desempeño y la percepción de que las opiniones y sugerencias de los empleados no son tomadas en cuenta, resaltan la necesidad de una mayor involucración y reconocimiento por parte de la gerencia.

En términos de satisfacción y descontento, aunque habitualmente el personal está satisfecho con su trabajo y las condiciones laborales, existen áreas de insatisfacción notables como las relaciones con supervisores o gerentes, las oportunidades de desarrollo y promoción, y el reconocimiento y valoración del trabajo. Abordar estos factores puede aumentar significativamente la moral y el compromiso del personal.

Finalmente, en lo referente al conocimiento de los indicadores clave de desempeño (KPIs), es evidente que el personal no está suficientemente familiarizado con estos indicadores, ni recibe información regular sobre el desempeño de la empresa.

En base a lo anterior, para cumplir con el **Objetivo General**, se considera necesario implementar el siguiente plan de acciones:

Mejorar los Canales de Comunicación:

- Asegurar que todos los niveles del personal tengan acceso a la información necesaria para realizar sus tareas eficientemente.
- Mantener a los empleados informados sobre los cambios en la empresa.

Reducir Barreras de Comunicación:

- Trabajar en la eliminación de obstáculos que dificultan la comunicación entre superiores y subordinados.
- Fortalecer la comunicación proporcionando formación en habilidades de liderazgo y feedback constructivo.
- Fomentar una cultura de apoyo y reconocimiento constante.

Invertir en Capacitación y Comunicación sobre KPIs:

- Asegurar que todos los empleados comprendan cómo sus roles contribuyen al éxito general de la organización.
- Ofrecer formación y recursos para que el personal esté familiarizado con los indicadores clave de desempeño (KPIs).

Implementar estas acciones permitirá un aumento en la eficiencia operativa y una mayor satisfacción laboral, contribuyendo así a un mejor desempeño general de la empresa.

7. Conclusiones

Al inicio de este trabajo, nos preguntamos qué estrategias y métodos podrían optimizar el proceso de toma de decisiones en PR3 para mejorar la eficiencia en los costos de producción, el uso de recursos no renovables y el consumo de energía. Descubrimos que, aunque la empresa ya utilizaba algunos indicadores, estos eran escasos, inadecuados o inútiles. A través de la investigación y el análisis bibliográfico, logramos optimizarlos y transformarlos en herramientas útiles y adecuadas para cumplir con los objetivos establecidos.

Los Indicadores de Gestión son esenciales e imprescindibles para que la empresa pueda cumplir su misión y visión en el corto, mediano y largo plazo. Estos indicadores desempeñan un papel crucial como herramientas administrativas y operativas, al ayudar a identificar y abordar posibles fallos e inconvenientes en diversas áreas de la organización durante sus procesos. La definición y aplicación de indicadores específicos para evaluar la gestión de las áreas de operaciones y mantenimiento conforman un sistema de medición integral. Este sistema ofrece una visión clara del desempeño en estos sectores, permitiendo la identificación de áreas de mejora y la toma de medidas concretas.

La incorporación de la herramienta de Análisis de Causa Raíz se revela como una estrategia valiosa. Permite identificar las causas fundamentales de fallos o problemas, lo que posibilita la toma de decisiones orientadas a abordar estas causas y, en última instancia, prevenir su recurrencia. Esto es crucial para minimizar el impacto de eventos no deseados en caso de que vuelvan a ocurrir.

La simulación de sistemas térmicos emerge como una herramienta invaluable que simplifica considerablemente los cálculos y el análisis de situaciones. Facilita la evaluación de la complejidad de cada problema, permitiendo su diferenciación y categorización en función de su naturaleza física. Es fundamental tomar acción en este sentido para evitar los impactos adversos asociados con el diseño de ingeniería convencional, a menudo implementada sin una consideración adecuada de la sustentabilidad.

Sin embargo, los indicadores, tableros y herramientas por sí solos no generan cambios significativos en una organización. Su verdadero valor se desbloquea cuando se utilizan como base para la definición de planes y estrategias basados en la información proporcionada. La toma de decisiones y la acción resultante son esenciales para alcanzar los objetivos propuestos.

Para que la compañía logre una mayor competitividad en el mercado, resulta imperativo utilizar los Indicadores de Gestión como componentes fundamentales en su búsqueda constante de la mejora continua. Esto implica la implementación de políticas claras relacionadas con la medición y el control, las cuales deben ser lideradas de manera constante por la alta gerencia para asegurar la capacidad de adaptación, crecimiento y sostenibilidad a lo largo del tiempo. Es importante destacar que los KPIs no son meramente "números a alcanzar", sino que representan una herramienta esencial para impulsar la transformación organizacional.

Al finalizar el trabajo, surgió la pregunta de cómo las debilidades detectadas en el análisis FODA podrían influir en el proceso de mejora de la eficiencia y cómo se relacionaban con los KPIs. La realización de una encuesta reveló una conexión total y preocupante entre estos factores. Los resultados de dicha encuesta subrayan la necesidad de implementar estrategias de comunicación más efectivas, fortalecer el liderazgo en todos los niveles, mejorar las oportunidades de desarrollo y el reconocimiento del personal, y educar al personal sobre los indicadores clave de desempeño de la empresa. Al abordar estas áreas, la empresa podrá mejorar significativamente su eficiencia operativa y la satisfacción de sus empleados, contribuyendo así a su éxito a largo plazo.

Estas conclusiones subrayan la importancia de combinar herramientas de medición y análisis con una estrategia de toma de decisiones efectiva, adaptada a las necesidades específicas de la empresa. En conjunto, estos enfoques pueden impulsar una gestión de procesos más eficiente y decisiones más acertadas en Petroquímica Río Tercero S.A.

Bibliografía

Caro J., Quiroga L. (2016). *Los indicadores de gestión como herramienta de competitividad empresarial*. [Trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Administración con Énfasis en Negocios Internacionales y Mercados].

Catalán, J., Aparisi, M. (2019). *Análisis de causa raíz. técnicas y relación con los sistemas de gestión y las no conformidades*.

<https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/analisis-de-causa-raiz-tecnicas-y-relacion-con-los-sistemas-de-gestion-y-las-no-conformidades/>

Coakley, T., Duffy, N., Freiberger, S., Fresner, J., Houben, J., Hannes, K., Krenn, C., McCarthy y C., Raupenstrauch, H. (2010). *Uso de la energía en el sector industria Manual para estudiantes* (1ª ed.). <https://www.iuses.eu/e/>

David F. (2013). *Conceptos de Administración Estratégica* (14ª ed.). México: Pearson Educación.

Díaz, J., Pantoja, J. (2011). *Ingeniería ambiental* (1ª ed.). México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.

Deming, W. Edwards (1986). *Calidad, Productividad, Y Competitividad. La Salida De La Crisis* (1ª ed.). EE.UU: Cambridge University Press

Falconi V. (2015). *El verdadero poder* (2ª ed.). Mina Gerais, Brasil: FALCONI.

Fernandez F. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado* (2ª ed.). Madrid, España: Fundación Confemetal.

García, M. (17 de diciembre de 2019). *Cómo realizar una gestión eficaz de los cambios generacionales en las empresas*.

<https://www.interempresas.net/Ferreteria/Articulos/261555-Como-realizar-una-gestion-eficaz-de-los-cambios-generacionales-en-las-empresas.html>

Jaramillo, B. (2000). *"Indicadores de gestión: herramientas de trabajo para lograr la competitividad* (2ª ed.). Colombia: 3R Editores

Kotter J. (1997). *El líder del Cambio*. México: McGraw-Hill.

- Mestre, A. (13 de septiembre de 2022). *El desafío del cambio generacional en las empresas*.
<https://www.diarioelzondasj.com.ar/263571-el-desafio-del-cambio-generacional-en-las-empresas>
- Mihelcic, J., Zimmerman, J. (2011). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño* (1ª ed.). México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.
- Norma ISO 50001 (2018). *Sistemas de gestión de la energía*.
- Norma UNE-EN 13306 (2018). *Mantenimiento Terminología del mantenimiento*.
- Parmenter D. (2010). *Key Performance Indicators* (2ª ed.). New Jersey: Wiley & Sons, Inc., Hoboken
- Rubio S., Perea M. (2011). *Propuesta de un método estándar de gestión del cambio para la implementación de nuevos subcomponentes en el modelo de gestión de la empresa sinergia S.A.* [Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Administración de Empresas]. Bogotá, Universidad de La Salle.
- Real Academia Española. (s.f.). Modelo. En *Diccionario de la lengua española*, de <https://dle.rae.es/modelo?m=form>
- Sexto L. (2018). *Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son?* *Revista Electromagazine*, 40-46.
- Tractican tecnología industrial S. de R.L. de CV. <https://traction.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>

Apéndice A: Matriz FODA

FORTALEZAS

Liquidez favorable. Colocación de excedentes en el mercado financiero.

Sin endeudamiento bancario.

Autofinanciación de requerimientos de capital. Reinversión de utilidades.

Economías de escala por integración vertical y costos conjuntos.

Planta con una madurez tal que los problemas que se presentan ya no causan sorpresas.

Conocimiento sobre la manipulación de los productos y de los riesgos que conllevan su producción.

Personal con capacidad de afrontar la operación de nuevos procesos.

Único productor de TDI en Latinoamérica.

Alta formación de recursos humanos y disponibilidad de recursos físicos operativos para respuesta ante emergencias.

Gran equipamiento e instrumental sector Laboratorio.

Estabilidad laboral.

Pago en término de remuneraciones.

OPORTUNIDADES

Disponibilidad y accesibilidad al crédito externo.

Potencial capacidad (instalaciones y personal) para ofrecer servicios a terceros.

Capacidad de producción de nuevos productos enfocados a las necesidades de mercado.

Oportunidad para desarrollar nuevos proveedores de bienes y servicios (en situaciones críticas aparecen alternativas).

Asistencia técnica a clientes como herramienta de fidelización comercial.

Sustitución de mano de obra contratada por mano de obra interna capacitada

Innovación en gestión de selección y capacitación de personal.

Mejoras relación empresa / sindicato.

Disponibilidad en el mercado de mano de obra especializada a bajo costo por baja demanda laboral.

DEBILIDADES

Alta inmovilización de capital en repuestos e insumos de baja rotación o dados de baja por obsolescencia, discontinuidad de uso, etc.

Rentabilidad alineada con sector químico y petroquímico. Negativa tendencia de disminución de utilidades.

Obsolescencia operativa y/o tecnológica.

Ineficiencia energética.

Capacidad instalada reducida respecto a otros sitios productivos a nivel internacional. Limitaciones para absorción de costos de estructura.

Especialización y flexibilidad limitada de adaptación a cambios tecnológicos de instalaciones diseñadas para alcanzar economías de escala. Restricción / imposibilidad de ampliación de capacidad.

Baja eficiencia productiva (altos costos de producción para volúmenes nominales de producción).

Ubicación geográfica para productos con costos de flete de alto impacto.

Pasivo ambiental contingente.

Limitado sentido de pertenencia y compromiso del personal agremiado.

Supervisión con limitada capacidad de dirección.

Escasa orientación a la mejora continua.

No disponibilidad de planes de carrera.

AMENANZAS

Inflación interna.

Atrasos en la cadena de pagos.

Discontinuidad y baja disponibilidad de repuestos y mano de obra y servicios especializados por obsolescencia tecnológica.

Precio internacional a la baja para operar a plena capacidad a efectos de absorber costos fijos elevados.

Importación de TDI a través de distribuidores y/o clientes.

Reducción progresiva o eliminación del Arancel Externo Común Mercosur respecto a Europa.

Ciclos recurrentes de exceso de capacidad instalada / rebaja de precios por desequilibrio oferta / demanda motivados por incrementos de capacidad instalada.

Elevado poder de negociación de clientes por exceso de oferta del complejo electro-químico.

Indiferenciación de producto y bajo costo por cambio de proveedor permite a clientes forzar la competencia entre múltiples fabricantes. Competencia basada en precio / servicio.

Demanda interna estable con intervención creciente de competidores (pérdida de participación de mercado) (PAC).

Importación de soda cáustica / PAC a través de distribuidores.

Costo relativo de insumos estratégicos muy elevados en comparación con competidores internacionales.

Dependencia de proveedores únicos de bienes y servicios (ej. DGFM).

Baja respuesta a formación y capacitación ante emergencias de los habitantes de barrios adyacentes a la planta industrial (Parque Monte Grande / Monte Grande).

Afectación potencial de la sustentabilidad y continuidad operativa por deterioro progresivo de calidad de agua subterránea extraída para procesos productivos.

Discontinuidad y/o restricciones de servicio de disposición final de residuos peligrosos.

Conflictos gremiales por proceso de reconversión resultante de introducción de mejoras tecnológicas, y por recomposición salarial.

Apéndice B: Mantenimiento

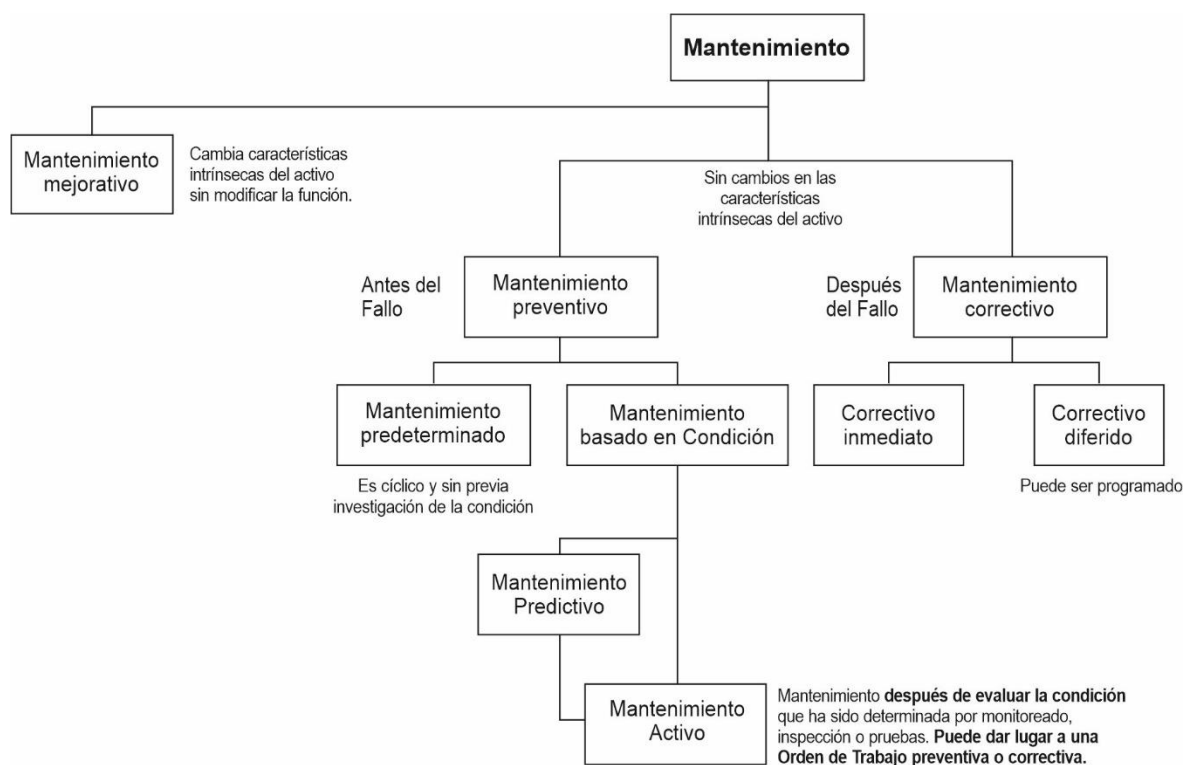
Tipos de Mantenimiento

Tal como explica Sexto (2018), la figura B1 presenta el primer escenario de clasificación de los tipos de mantenimiento aplicables a los activos físicos sujetos a mantenimiento, mientras que la figura B2 ilustra el segundo escenario de clasificación de estos tipos de mantenimiento.

Figura B1.

Tipos de Mantenimiento, según el efecto de cambios intrínsecos en el activo.

(según norma EN 13306:2018)



Extraído de Sexto (2018, p. 40)

La proyección que se presenta en la Figura B1 nos proporciona información esencial. En primer lugar, si no se producen cambios en las características intrínsecas del activo, aquellas que están definidas por su diseño original, entonces el mantenimiento se divide en dos categorías

convencionales: el mantenimiento preventivo, que se lleva a cabo antes de que ocurra un fallo, y el mantenimiento correctivo, que se realiza después de que ocurre el fallo. En este contexto, la ocurrencia del fallo actúa como el criterio determinante para distinguir entre lo que es preventivo y lo que es correctivo.

El mantenimiento predeterminado, que se realiza de manera periódica y no depende de la condición actual del activo (tradicionalmente conocido como mantenimiento preventivo planificado), junto con el mantenimiento basado en la condición (CBM) y el mantenimiento predictivo (que se considera una variante del CBM), todos se clasifican como subcategorías del mantenimiento preventivo. Esto se debe a que todos ellos se llevan a cabo antes de que ocurra un fallo.

Luego, existe una categoría de mantenimiento conocida como mantenimiento activo, que implica la generación de una Orden de Trabajo (que puede ser preventiva o correctiva) después de una evaluación de la condición del activo, que es el resultado de las actividades de mantenimiento basado en la condición y/o mantenimiento predictivo. Esta categoría se divide en mantenimiento activo preventivo y mantenimiento activo correctivo.

El concepto de mantenimiento mejorativo se aplica cuando el mantenimiento tiene como objetivo generar un cambio positivo en alguna de las características intrínsecas del activo, pero no altera sus funciones originales. En contraste, la modificación se refiere a cambios que afectan las funciones originales del activo y no se considera como un tipo ni como una actividad de mantenimiento según la normativa.

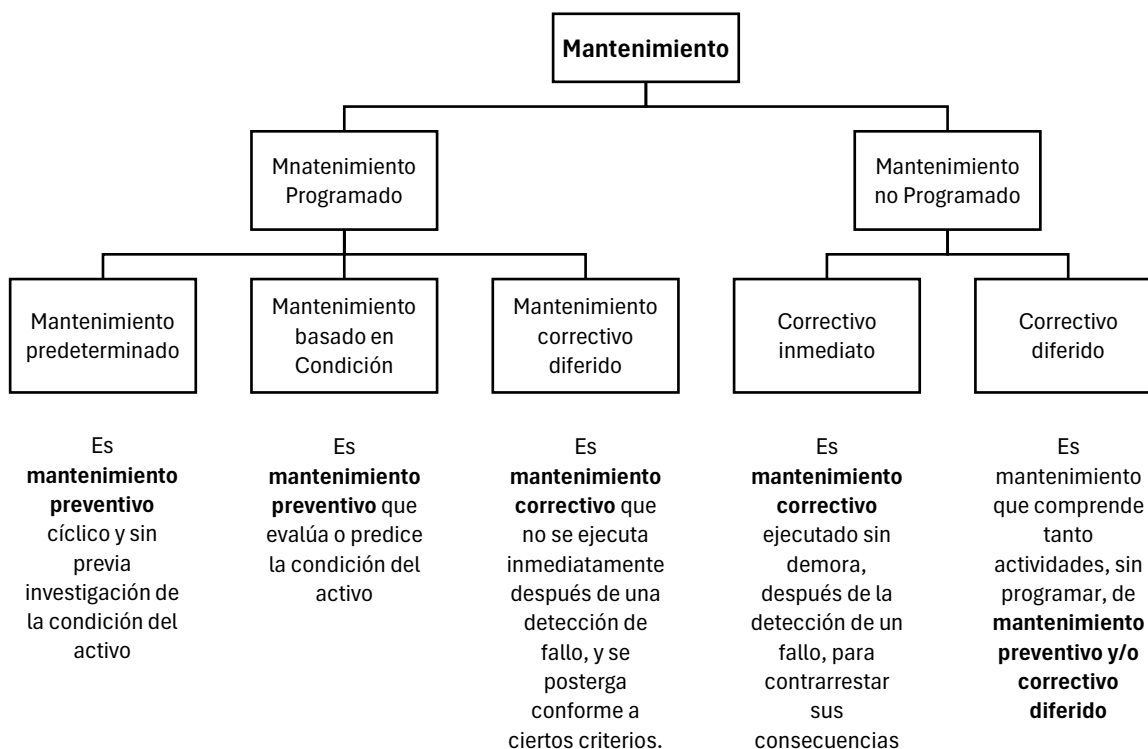
Por último, el mantenimiento correctivo se subdivide en dos tipos: el correctivo inmediato, que se lleva a cabo inmediatamente después de la detección de un fallo funcional, y el mantenimiento correctivo diferido, que se programa en lugar de realizarse de inmediato como respuesta a un fallo. Ambos tipos de mantenimiento correctivo se ejecutan después de la ocurrencia de un fallo.

En función de la posibilidad de asignar programación a las actividades de mantenimiento, se establece una distinción convencional en dos categorías: Mantenimiento Programado y Mantenimiento no programado.

Figura B2.

Tipos de Mantenimientos según la posibilidad de programación

(según norma EN 13306:2018)



Extraído de Sexto (2018, p. 44)

Dentro de los tipos de mantenimiento que involucran actividades que pueden programarse, encontramos el Mantenimiento Predeterminado, que se realiza de manera periódica y no depende de la condición actual. Además, el Mantenimiento Basado en Condición (CBM) y el Mantenimiento Predictivo, que se enmarcan dentro de esta categoría, se ejecutan antes de que ocurra un fallo. También, se incluye el Mantenimiento Correctivo Diferido, que se programa en lugar de realizarse de inmediato en respuesta a un fallo.

Por otro lado, los tipos de mantenimiento que no se programan incluyen el Mantenimiento Correctivo Inmediato, que no se planifica debido a su necesidad de intervención inmediata después de un fallo no previsto. También, el Mantenimiento de Oportunidad entra en esta categoría, ya que puede no programarse y, a menudo, se ejecuta antes de un fallo o no inmediatamente después de

uno, sin una fecha de ejecución predefinida. Este tipo de mantenimiento aprovecha "ventanas" de oportunidad que pueden surgir.

Dentro de la clasificación de Mantenimiento de Oportunidad, que es una subcategoría del Mantenimiento No Programado, se incluyen actividades de mantenimiento preventivo y/o correctivo diferido que se realizan sin una programación específica. Estas actividades se llevan a cabo de manera simultánea con otras acciones que pueden estar programadas o relacionadas con la operación, como el mantenimiento predeterminado o una parada planificada por razones operativas. Esto permite la inclusión y ejecución de actividades no programadas de mantenimiento correctivo diferido o incluso preventivas no programadas, todas dentro del concepto de Mantenimiento de Oportunidad.

Contratistas (tercerización)

Los contratistas de mantenimiento ofrecen una variedad de servicios, que pueden incluir:

- Mantenimiento preventivo: Realizan inspecciones periódicas, limpieza, ajustes y otras tareas para prevenir averías y garantizar el correcto funcionamiento de los activos.
- Mantenimiento correctivo: Se encargan de reparar y solucionar problemas cuando ocurren fallas o averías en los activos.
- Mantenimiento predictivo: Utilizan tecnologías y técnicas avanzadas para monitorear y predecir fallas o desgastes en los equipos, lo que les permite intervenir de manera oportuna antes de que se produzcan problemas graves.
- Mantenimiento electromecánico: Realizan labores de reparación y mantenimiento en equipos electromecánicos, como sistemas eléctricos, motores, generadores, sistemas de climatización, entre otros.
- Mantenimiento de infraestructuras: Se encargan del mantenimiento de las instalaciones físicas de una empresa, como edificios, estructuras, sistemas de fontanería, sistemas de iluminación, entre otros.

La tercerización del mantenimiento tiene varias ventajas para la organización. Algunas de estas ventajas incluyen:

- Acceso a especialización y experiencia: Los contratistas de mantenimiento suelen tener experiencia y conocimientos especializados en su área, lo que les permite ofrecer servicios de alta calidad y soluciones efectivas.
- Flexibilidad: Las empresas pueden contratar a los contratistas de mantenimiento según sea necesario, lo que les brinda flexibilidad para adaptarse a las demandas cambiantes de mantenimiento.
- Reducción de costos: En lugar de tener un equipo interno de mantenimiento, contratar a un contratista puede ser más rentable, ya que se evitan los gastos asociados con la contratación y capacitación de personal, la compra de equipos y herramientas, y otros costos indirectos.
- Ahorro de tiempo: Los contratistas de mantenimiento se encargan de las actividades de mantenimiento, lo que permite a las organizaciones enfocarse en su core business y otras prioridades.

En las tareas de mantenimiento cabe diferenciar dos instancias: Las paradas de planta programadas, que se realizan anualmente y durante las cuales es mayor la incidencia de contratistas y el mantenimiento regular y cotidiano.

La práctica más habitual consiste en adjudicar, mediante licitación, la prestación de un determinado servicio a una empresa durante un plazo determinado de tiempo y firmar un contrato abierto, que establece un marco de precios y condiciones. La prestación del servicio se mide y factura en función de la cantidad de horas-hombre requeridas por la empresa. Sin embargo, estos contratos pueden implicar distintas situaciones:

- Que los trabajadores de la contratista tengan un obrador propio dentro de PR3 y que cumplan un horario;
- Que los trabajadores cumplan su horario en las instalaciones de la contratista en el parque industrial y entren a PR3 cada vez que se requiere la realización de una determinada tarea. En esta última situación suele ocurrir que los trabajadores se desplacen entre diferentes empresas que contrataron a la misma contratista.

Apéndice C: Encuesta – Análisis de Datos

Jefes		Preguntas									
Respuestas		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
1	Nunca			1					4	4	
2	Ocasionalmente		3	2		4			1	1	
3	A veces		2	2		1		1			
4	Habitualmente	2			3		2	4			
5	Siempre	3			2		3				
Resultado		4,6	2,4	2,2	4,4	2,2	4,6	3,8	1,2	1,2	

Supervisores		Preguntas									
Respuestas		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
1	Nunca		2	3		3			10	11	
2	Ocasionalmente	3	4	3	1	9			2	1	
3	A veces	6	6	3	5		5	3			
4	Habitualmente	3		3	6		6	9			
5	Siempre						1				
Resultado		3,0	2,3	2,5	3,4	1,8	3,7	3,8	1,2	1,1	

Operadores		Preguntas									
Respuestas		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
1	Nunca	12	17		3	16	13		20	20	
2	Ocasionalmente	8	3	3	10	4	7				
3	A veces			10	2			14			
4	Habitualmente			7	5			4			
5	Siempre							2			
Resultado		1,4	1,2	3,2	2,5	1,2	1,4	3,4	1,0	1,0	

Total		Preguntas									
Respuestas		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
1	Nunca	12	19	4	3	19	13		34	35	
2	Ocasionalmente	11	10	8	11	17	7		3	2	
3	A veces	6	8	15	7	1	5	18			
4	Habitualmente	5		10	14		8	17			
5	Siempre	3			2		4	2			
Resultado		2,4	1,7	2,8	3,0	1,5	2,5	3,6	1,1	1,1	

Pregunta 8: ¿Cuál de los siguientes factores consideras que causa mayor insatisfacción o descontento en tu trabajo? (Selecciona todas las que apliquen)

Jefes	Sup.	Op.	General	
		3	3	Salario y beneficios
				Condiciones laborales (seguridad, entorno físico, etc.)
2		4	6	Relaciones con compañeros de trabajo
	2	12	14	Relaciones con supervisores o gerentes
5	6	5	16	Oportunidades de desarrollo y promoción
4	8	14	26	Reconocimiento y valoración del trabajo
2	4		6	Carga de trabajo y estrés
		2	2	Falta de recursos o herramientas para realizar el trabajo

Pregunta 11: ¿Cómo crees que tu trabajo contribuye a los indicadores clave de desempeño (KPIs) de la empresa? (Selecciona todas las que apliquen)

Jefes	Sup.	Op.	General	
5	2	1	8	Aumento de la productividad
2		3	5	Mejora de la calidad del producto
4	4	2	10	Reducción de costos operativos
1			1	Satisfacción del cliente
				Seguridad en el lugar de trabajo
				Innovación y desarrollo
	8	16	24	No estoy seguro

Conclusión

En base al análisis de los resultados de la encuesta, se identifican varias áreas clave que requieren atención para mejorar la eficiencia y la satisfacción del personal en la Planta Industrial.

Comunicación: La comunicación dentro de la empresa presenta deficiencias, especialmente a medida que se desciende en la jerarquía. El personal ocasionalmente tiene acceso a la información necesaria y actualizaciones sobre los cambios en la empresa, lo que indica una falta de fluidez en la

transmisión de información. Además, se enfrentan a dificultades para comunicarse con sus superiores y compañeros de trabajo.

Liderazgo: El liderazgo también muestra signos de deterioro en los niveles inferiores de la jerarquía. Los empleados solo a veces se sienten apoyados y motivados por sus superiores, y rara vez reciben feedback sobre su desempeño. Además, ocasionalmente sienten que sus opiniones y sugerencias son tomadas en cuenta, lo que puede afectar la moral y la motivación del personal.

Satisfacción y Descontento: A pesar de las deficiencias en comunicación y liderazgo, el personal generalmente está satisfecho con su trabajo y las condiciones laborales. Sin embargo, hay áreas de insatisfacción que destacan, como las relaciones con supervisores o gerentes, las oportunidades de desarrollo y promoción, y el reconocimiento y valoración del trabajo. Estas áreas deben ser abordadas para mantener y mejorar la satisfacción laboral.

Conocimiento de Indicadores Clave: Un área crítica de mejora es el conocimiento sobre los indicadores clave de desempeño (KPIs). La mayoría del personal no está familiarizado con estos indicadores, no recibe información regular sobre el desempeño de la empresa en relación con ellos, y desconoce cómo su trabajo contribuye a estos indicadores. Esto es especialmente pronunciado entre los supervisores y operadores.

Apéndice D: Procedimiento de ACR

A continuación, se desarrollan las etapas de la metodología de un Análisis de Causa Raíz. El ACR es emitido por Mantenimiento y luego el emisor o facilitador, junto con el grupo convocado para ese fin, recaban los datos necesarios a fin de completar la siguiente información:

Fecha:	Emisión del estudio.
Tema:	TAG o descripción del equipo, máquina o sistema.
Función:	Rol en el proceso.
Que ocurrió:	Define la falla que se pretende corregir.
Cuando:	Fecha y hora de ocurrencia.
Donde:	Lugar físico del evento.
Impacto:	Define el ámbito y/o alcance de su incidencia.
Consideraciones:	Detalle de hechos relevantes (antecedentes, historial, descripción de la falla).
Análisis:	Se plantea una grilla de causas posibles, analizando la probabilidad de su ocurrencia.
Conclusiones:	Del análisis surgen una o más causas más probables de origen de la falla.

Acciones correctivas/preventivas

En el ACR se recomienda un plan de acción tendiente a la solución de las causas que motivaron la falla presentada, como así también se buscan eliminar causales potenciales. El plan de acciones incluye el listado de responsables y plazos tentativos de su ejecución. Este plan se eleva a la Gerencia de Producción a los fines de evaluar la implementación de las acciones recomendadas por el grupo.

Mensualmente se emite un listado con acciones propuestas pendientes de ejecución por parte de cada uno de los sectores involucrados, mientras que en forma semestral se verifica el avance en el cumplimiento del plan de acciones propuesto.

Aquellas ACR en las que fueron ejecutadas las acciones recomendadas, pasan a la etapa de cierre.

Transcurrido un lapso prudencial de evaluación de resultados para cada ACR, Mantenimiento genera el “Informe para autorización de cierre de ACR” donde se incluyen detalles y conclusiones. Este informe es avalado por el Jefe del Sector involucrado, el jefe de Mantenimiento y el Gerente de Producción.

Si el desarrollo de una ACR implica modificaciones en la información disponible en la Biblioteca de la Empresa, es responsabilidad del ejecutante informar los cambios para actualizar los registros correspondientes.

Apéndice E: Caso de aplicación de ACR

Título del ACR: **P-2904: Pérdida de producto**

Fecha:	03 marzo de 2022
Tema:	Rotura de P-2904 con pérdida de producto al exterior.
Función:	Bomba recirculación anillo fosgenación.
Que ocurrió:	Se produjo una pérdida de producto hacia el exterior que obligó a detener la misma para reparación.
Cuando:	El miércoles 16 de feb de 2022 a las 14:40 hs.
Donde:	Planta de TDI.
Impacto:	Originó una detención de la planta de TDI de 14 hs de duración con la consecuente pérdida de producción.
Consideraciones:	<p>Bomba Marca Worthington, Modelo 10 HNN 18, Carcaza e impulsor de Alloy 20. Dimensiones principales según diseño original, Sello mecánico maraca Sealol, Flushing plan API 32 con inyección de ODCB limpio y con acoplamiento Metastream a láminas.</p> <p>Motor eléctrico marca Electromac, potencia 110 kW, velocidad 1500 rpm, corriente nominal 205 A.</p>
Historial de Fallas:	<p>Bomba:</p> <p>Horas de marcha: 16.560 h</p> <p>Cantidad de averías: 3</p> <p>MTBF = 5.520 hs</p> <p>Motor eléctrico:</p> <p>Horas de marcha: 16.560 h</p> <p>Cantidad de averías: 1</p> <p>MTBF = 16.560 hs</p>

Mant. Predictivo: Esta bomba está incluida en la nómina de los equipos críticos que forman parte de la rutina de medición de vibraciones mecánicas que ejecuta la empresa JPS.

Análisis

En vista de los daños encontrados, se deduce que el mecanismo de falla del equipo se inició con la rotura del rodamiento delantero de la bomba y ante la falta de rigidez radial del eje, terminó con el aflojamiento de los pines de fijación del fuelle sobre su manguito y la apertura del sello mecánico, manifestándose como una pérdida de producto hacia el exterior.

El equipo había sido medido por JPS el día 10 de febrero, presentando un nivel de vibraciones por encima de la primera alarma en la posición de referencia, pero no habiendo sido informado como crítico para intervenir.

Por otra parte, analizando la hidráulica del equipo, se detectó que la bomba está operando en una condición diferente a la de diseño original. En efecto, el caudal de diseño del equipo es de 910 m³/h, cuando en realidad opera con 1300 m³/h (42% por encima del BEP). La bibliografía consultada indica que las mejores prácticas desde el punto de vista de la Confiabilidad del equipo se obtienen operando en el rango +5% a -10% de BEP, siendo aun valores entre +15% a -30% de BEP aceptables. Los efectos esperados en equipos operando en esta condición son cavitación y disminución de vida útil en sellos mecánicos, rodamientos y daños en impulsores.

Consultado el fabricante del equipo Ingersol Dresser manifiestan que operar el equipo en la zona de la curva mencionada, es No Recomendable, y que el caudal debiera aumentarse como máximo hasta 1.150 m³/h.

Esta modificación surge como consecuencia de haber variado la característica del sistema al haber eliminado un orificio de restricción situado en la impulsión de la bomba, en fecha no determinada.

Conclusiones

De haberse recibido a tiempo la alerta de JPS por el nivel vibratorio del equipo, probablemente se hubiese podido intervenir en forma programada la bomba y haber evitado la pérdida de producción.

No obstante, el hecho de operar en una condición más exigida que la de diseño, puede haber potenciado la falla.

Acciones correctivas/ preventivas:

- Modificar metodología de trabajo con JPS.
Responsable: jefe de Mantenimiento
Fecha de implementación: Inmediata

- Implementar una política de mantenimiento preventivo en función de las frecuencias de falla informadas.
Responsable: jefe de Mantenimiento
Fecha de implementación: Inmediata

Cierre de la ACR

Se han implementado las siguientes acciones para cumplimentar lo solicitado:

- Se redefinió la criticidad de este equipo y se modificó la frecuencia de inspección predictiva en correspondencia, pasando a ser quincenal.
- Se encuentra en etapa de implementación una política de mantenimiento preventivo para los equipos rotativos críticos de planta.
- Se reemplazó el motor eléctrico por otro de mayor potencia instalada (de 110 a 132 KW) con el objetivo de mejorar la vida entre fallas tanto del devanado como de los rodamientos.
- Respecto a la condición de funcionamiento actual respecto a la condición de diseño, se encuentra en análisis la idea de reemplazar este equipo de bombeo por otro nuevo de mayor capacidad.

Apéndice F: Caso de aplicación de Modelado de los Sistemas Térmicos

Datos:

Fecha	enero 2023
Precio Gas Natural	0,173 USD/Sm ³
Precio Energía Eléctrica	0,087 USD/kW
Consumo de vapor de MP	28 t/h
Consumo de vapor de BP	3,8 t/h
Condensado recuperado	13 m ³ /h
Temperatura de bulbo húmedo	23.8°C
Humedad relativa	31%

Ingresando los datos a la planilla de cálculo se obtienen resultados que se presentan a continuación:

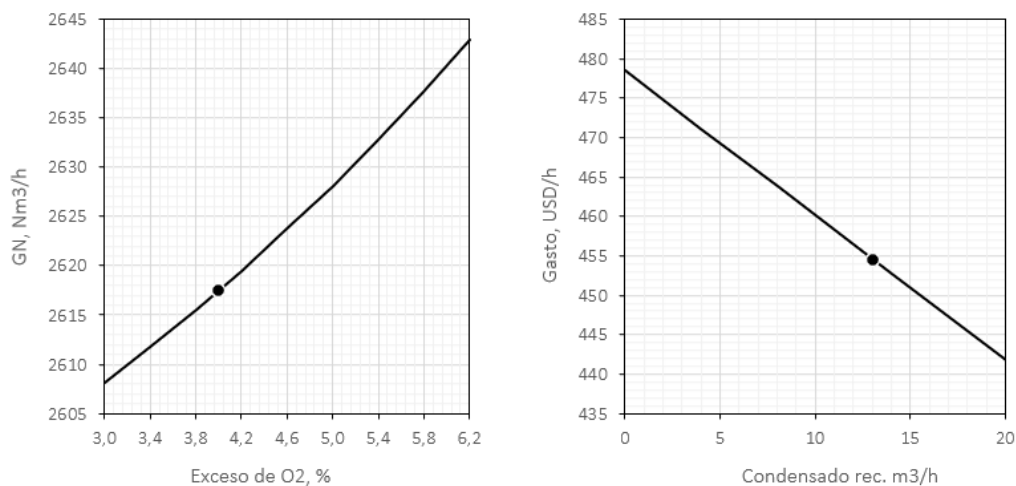
Costo del vapor	14,3 USD/t
Gasto	454 USD/h
Precio del Condensado	2,9 USD/m ³
Composición gases de combustión en %vol	7,9% CO ₂ , 15,8% H ₂ O, 4,0% O ₂ y 72,3% N ₂
Caudal de gases de combustión	44.069 kg/h
Caudal de GN requerido	2.617 Nm ³ /h (sin generación de EE)

A partir del modelado realizada se concluye lo siguiente:

- 1. Se sugiere generar EE por encima de los 1,7 MWh.**
- 2. Con una generación de 3,0 MWh el ahorro esperado es de 13,5 USD/h (9.720 USD/mes).**

Figura H1

Curvas de eficiencia de los generadores de vapor



Fuente: Elaboración propia

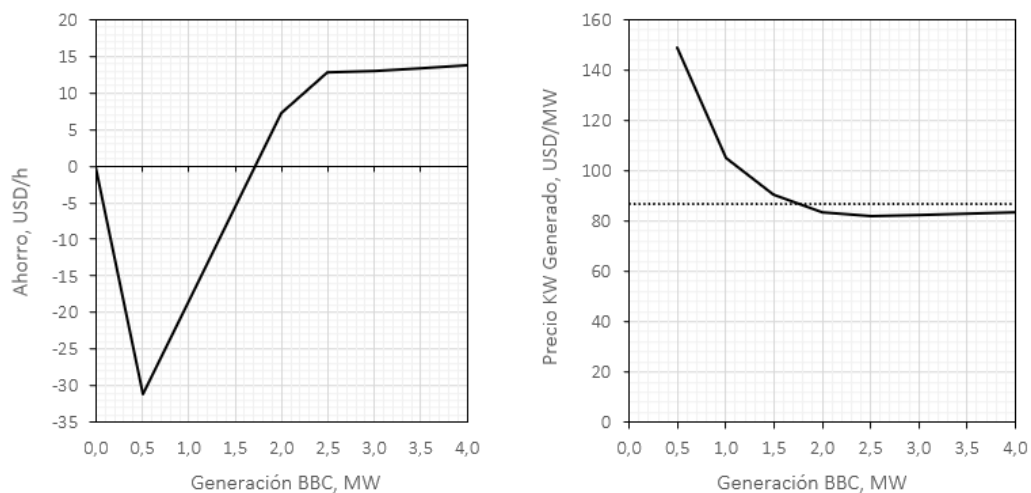
Nota. En el gráfico de la izquierda, se representa la relación entre el consumo de gas natural y el exceso de oxígeno en la chimenea.

Mientras que, en el gráfico de la derecha, se observa el costo por hora en relación con la cantidad de condensado recuperado. Los principales factores influyentes en este costo son el gas natural y el proceso de tratamiento del agua cruda.

En ambos casos, el “punto” corresponde al valor de operación al momento de la simulación.

Figura H2

Curvas de rendimiento de la generación de energía.



Fuente: Elaboración propia

Nota. En el gráfico de la izquierda se muestra el ahorro que se obtendría por generar energía eléctrica. Se detecta que el generador debería configurarse por encima de los 1,7 MWh para tener una situación conveniente.

En el gráfico de la derecha, la línea de puntos corresponde al valor de la EE suministrada de la red mientras que la curva al precio del kW generado en función de régimen de marcha del generador. Puede verse que a partir de los 1,7 MWh se obtiene una energía de costo inferior al de la red.