

Al implementar la Gestión de Rendimiento de Activos (APM) en un proyecto petroquímico, una evaluación específica del Sistema de Integridad Mecánica (SIM) reveló una importante brecha en diferentes problemas de esta función y su contribución a la baja performance en integridad mecánica y confiabilidad de los activos fijos, con costos negativos. Fue necesario un plan que mejore la performance y reduzca los impactos negativos, mejorando así la seguridad y la rentabilidad.

Mejores prácticas para la implementación de un sistema de integridad mecánica.

Caso práctico: instalaciones de MTBE

Por *Wilfredo Rivero*,
Consultor Senior de Meridium, Inc.

Conforme a la experiencia en el nivel mundial, el principal desafío es lograr un Sistema de integridad confiable, práctico y eficaz para soportar el sistema de gestión de activos. Sin embargo, no existe una regla general para desarrollar este tema, más aún cuando cada negocio tiene características particulares y en el ínterin las personas a cargo de esta funcionalidad tratan de cumplimentar solo el punto de vista relacionado con los requisitos de mejora o prioridades de seguridad. De este modo, con frecuencia se han implementado diferentes herramientas o metodologías sin un plan, integración o interrelación específicos que puedan producir el resultado esperado conforme a las necesidades del negocio.

La Integridad Mecánica es un tema complejo y aun así subestimado por muchos gerentes y responsables de administrar procesos y operaciones. Es habitual ver cómo las tuberías para procesos catalíticos del Reformador de Hidrógeno se encuentran sobreexpuestas a altas temperaturas y tensiones; la preocupación es determinar cómo ocurrió este evento, cuando se conoce en el nivel mundial que el umbral para este componente es conforme a su metalurgia. Esta situación es como la del paciente que desconoce su afección y, aunque los médicos tenían la solución a su dolencia, ya es demasiado tarde.

Las industrias del Petróleo y del Gas y la industria Petroquímica normalmente han demostrado que el problema principal proviene de una falla de la integridad mecánica; tuberías, recipientes, reformadores, reactores, columnas, etcétera. Sin embargo, cuando la frecuencia de la falla genérica de los equipos fijos se compara con otro tipo de componentes, es realmente fácil de observar que la cantidad de fallas en los componentes giratorios, instrumentales o eléctricos normalmente es grande. El problema es que las fallas en los equipos fijos por su tamaño e impacto son más críticas para los negocios; en general, un único evento de este tipo es suficiente para llegar a lo más alto en la pirámide de incidentes y, en consecuencia, se deberá recurrir a todos los recursos, los esfuerzos y los debates para determinar lo que ha sucedido. La clave no es reparar la falla, sino evitar su ocurrencia.

Por otra parte, es asombroso ver la cantidad de empresas que gastan dinero y esfuerzos en este tema sin obtener un beneficio real, ni tampoco entender y controlar los temas de Integridad Mecánica, es como chocar varias veces con la misma piedra. No importa, cuando todos saben dónde está la piedra, la respuesta es simple cualquiera sea el caso. No se ha puesto el foco en las necesidades comerciales o en la Integridad Mecánica. Entonces debemos hacernos las siguientes preguntas: ¿cuáles son las amenazas reales?, ¿cuáles son las expectativas del ciclo de vida?, ¿qué debe hacerse para enfrentar cualquier probabilidad de falla? Todo esto nos ayudará a identificar dónde y cómo implementar el Sistema de Integridad Mecánica.

La Integridad Mecánica no implica solo realizar una inspección estándar, ni tampoco una recolección estadística aislada o una evaluación esporádica de la Inspección Basada en Riesgos (RBI, por sus siglas en inglés). Se trata de integrar diferentes filosofías, metodologías, tecnologías y estrategias para garantizar la confiabilidad, la rentabilidad y el desempeño seguro de los negocios en el contexto operativo de todo el ciclo de vida. De este modo, las fallas funcionales deberán evitarse mediante el control y el segui-

miento apropiados de todas las variables: control de diseño, parámetros operativos, comportamiento humano, performance del proceso de comunicaciones, precisión de las inspecciones. Todo esto puede iniciar, acelerar o contribuir con la ocurrencia de fallas, la clave está en concentrarse en las capacidades de los activos, las necesidades del negocio y las habilidades empresariales; asimismo, cualquier elemento dentro de estos límites será tratado de manera preventiva y predictiva.

Conforme a la perspectiva descripta anteriormente, se han analizado diferentes experiencias en torno a este desafío; sin embargo, no se pudo demostrar como la combinación e integración de elementos funcionales (metodologías), prospectivos y técnicos (software y herramientas) se pueden abordar a fin de obtener el valor más importante para el negocio: la garantía de todos los activos (personas, equipos, productos, ambiente y comunidad) a lo largo de su ciclo de vida.

Caso práctico

La evaluación realizada en esta compañía petroquímica reveló una grieta importante en diferentes temas relacionados con este asunto, como una definición pobre de los roles y las responsabilidades, la falta de integración, la ausencia de lazos o circuitos de corrosión (*corrosion loops*), la falta de entendimiento de temas metalúrgicos, la falta de relaciones de procesos e integridad de variables críticas de un proceso, la existencia de un desglose del sistema basado en la interacción de procesos y material y susceptibilidad de mecanismos dañados, ni la clasificación de componentes RBI. Tampoco existe una estructura del componente RBI conforme a los lazos de corrosión en los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID, en inglés) y Diagramas de Flujos de Procesos (PFD, en inglés). Además, la poca comprensión de la gestión de riesgos, la escasez de datos y de prácticas de comunicación contribuyen significativamente a una baja performance de la Integridad Mecánica y de la Confiabilidad de los Activos Fijos, lo cual condujo a un impacto negativo en los costos operativos, en la disponibilidad de los equipos y en el factor de rendimiento de la producción. A fin de reducir estos posibles riesgos identificando las oportunidades de mejora, se ha desarrollado un plan de mejoras alineado con impulsores de negocios y los niveles de madurez actuales, que fue implementado en base a las recomendaciones que surgieron de la evaluación.

Basándonos en los conocimientos técnicos y en la experiencia del cliente en sus departamentos de Inspección, Procesos, Operaciones y Mantenimiento, así como en las mejores prácticas, se llevaron a cabo una serie de actividades para implementar el Sistema de Integridad Mecánica, que incluye RBI, Monitoreo de Espesor, Gestión de la Inspección, Variables críticas de un proceso, Estrategias de integridad de activos y Principios de Control de Corrosión, lográndose una completa comprensión de este Sistema de Gestión, la relación entre los diferentes departamentos y funciones y alcanzando el valor más importante para el negocio: una actitud preventiva y proactiva para preservar el ciclo de vida de la empresa y garantizar la rentabilidad de los accionistas y una adecuada *performance* tanto para las personas como para el ambiente.



El Sistema de Integridad Mecánica fue implementado como piloto para una importante reconversión (*turnaround*) y los resultados obtenidos a partir de esta iniciativa, debido a la decisión tomada sobre la base de los riesgos, fueron la reducción del 25% en las horas-hombre por inspecciones (10.000 horas hombre / USD45 por hora); la identificación de posibles problemas, por ejemplo, los daños mecánicos no identificados anteriormente (detección de corrosión en tubos del intercambiador de calor, identificación prematura de probabilidad de fallas de la PSV o válvula de seguridad de presión) como consecuencia de un transporte pobre (un 60% de falla en la prueba de alta tensión). Asimismo, se obtuvo una reducción del 45% del retrabajo, un borrador para la próxima meta de trabajo (aproximadamente un 60% de la meta definida), trazabilidad total de las condiciones y de la susceptibilidad de los daños o deterioro en los puntos de inspección. A partir de allí, se pudo elaborar y presentar, en quince días, un infor-

me de inspección. Todos los datos fueron auditados, y se identificaron oportunidades de aprendizaje que han sido incluidas en un plan de implementación a corto plazo.

La clave de esta implementación fue utilizar las mejores prácticas por medio de un Sistema de Integridad Mecánica efectivo. Al comenzar prácticamente de cero en lo que respecta a esta filosofía, fue posible modificar la *performance*, implementando acciones proactivas para lograr que el Proceso de Integridad Mecánica se convierta en una cultura en menos de un año con un beneficio real de USD 1,6 millones de reducción de los costos de reconversión (*turnaround*).

El tema más importante fue la transferencia del conocimiento que permitió desarrollar un alto nivel de conocimiento en el personal, y que a futuro permitirá manejar y mejorar el Rendimiento de Activos Fijos en un proceso duradero a medida de las necesidades del negocio. La intención entonces es compartir un resumen del Sistema de Integridad Mecánica propuesto como mejores prácticas sobre la base de la interrelación efectiva de factores funcionales y técnicos a fin de contribuir con el logro de los objetivos del negocio.

Desarrollo del Sistema de Integridad Mecánica

Las nuevas metodologías y esquemas de proceso de trabajo para garantizar el correcto rendimiento de un activo basado en su confiabilidad y disponibilidad han impulsado a los accionistas y los gerentes a buscar una mejor perspectiva en el asunto. Es así que existe una serie de herramientas y métodos que serán utilizados con este objetivo. La clave es cómo la tecnología y la metodología deben combinarse para abordar la aplicación y la implementación de una manera adecuada a fin de garantizar el rendimiento confiable del ciclo de vida del activo y, al mismo tiempo, la rentabilidad y el cumplimiento de las necesidades del negocio.

Dentro del portfolio de confiabilidad y gestión se incluyó la implementación del Sistema de Integridad Mecánica, orientado al seguimiento y el control de las condiciones físicas de los componentes fijos que pertenecen al proceso y a los sistemas de las instalaciones. Este se basa en planes de inspección óptimos para definir, de una manera predictiva y proactiva, un mayor rendimiento del activo, conforme a las interacciones químicas y físicas de las variables críticas de los fluidos y a los materiales de construcción. En la Integridad Mecánica, la palabra "óptima" significa llevar a cabo la mejor estrategia que incluye la tecnología más práctica para la detección de mecanismos de deterioro, una frecuencia razonable como parte de las estrategias de mantenimiento y la ubicación real del daño.

El Sistema de Integridad Mecánica se basa en una relación sistemática y continua entre el proceso de trabajo (problemas funcionales) y la plataforma tecnológica (software) para lograr la identificación apropiada, el alcance y el análisis de cada elemento que pudo haber disparado el mecanismo de deterioro. Aquí la Inspección Basada en Riesgos (RBI) es una prioridad para obtener una definición del nivel de riesgos sobre la probabilidad de la ocurrencia del deterioro y sus consecuencias en caso de falla final. La inspección basada en riesgos brinda un Plan de Inspección

proactivo: estrategias de inspección, técnicas no destructivas, frecuencia, cobertura y logística.

La implementación de la evaluación RBI, ya sea sola o relacionada con las herramientas de ejecución, es normalmente la causa de una baja efectividad del plan de inspección y no permite lograr los objetivos en términos de la reducción del índice de falla, el tiempo medio de falla (MTTF, según sus siglas en inglés) el tiempo entre fallas de un sistema (MTBF, según sus siglas en inglés). Por ello, fue necesario elaborar un cronograma de tareas de inspección dentro de un Sistema de Gestión de Inspecciones, donde el programa de inspecciones pueda desarrollarse de manera efectiva (es decir, en tiempo y forma). La implementación puede ser monitoreada por la Gerencia. Asimismo, esta herramienta debe poder captar, almacenar e informar las condiciones y facilitar la generación adecuada de recomendaciones y notificaciones a través de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS, por sus siglas en inglés); por consiguiente la implementación de acciones de mitigación se adecuará a fin de mantener el nivel de riesgos dentro de los límites aceptables.

Para aquellos mecanismos de daño o deterioro, por ejemplo, la reducción del espesor y la corrosión localizada donde su progresión en el material es determinante para estimar la vida útil restante, se necesita una herramien-

ta sistemática, como el Sistema de Monitoreo de Espesor, para programar la medición de espesor, captar los datos del campo, calcular el índice de deterioro y predecir la proyección de las tendencias de deterioro en el tiempo. Como funcionalidad extra en este *portfolio* de herramientas, se requiere del monitoreo de variables críticas de un proceso como parte de una perspectiva proactiva; en consecuencia, todas las variables y sus umbrales para la activación de mecanismos de daños serán definidas.

Luego de identificar las funcionalidades que se deben integrar en el Sistema de Integridad Mecánica, las preguntas comunes serán: ¿cómo?, ¿quién?, ¿en cuánto tiempo?, ¿cuál es el alcance? y ¿cuándo? Las mismas deben aplicarse al negocio a través de todas las herramientas teniendo en cuenta el análisis de costos, riesgos y beneficios como soporte de la Gestión y para aprobar los recursos (económicos y humanos) de la iniciativa. Normalmente los gerentes y los impulsores de la confiabilidad necesitan información del rendimiento, cotizaciones, propuestas, presentaciones y otros datos para definir y decidir cómo se puede desarrollar este tipo de proyectos y así evitar confusiones, compras erróneas, actividades incompatibles o una baja inversión, en contraposición al requerimiento real para satisfacer las necesidades del negocio.

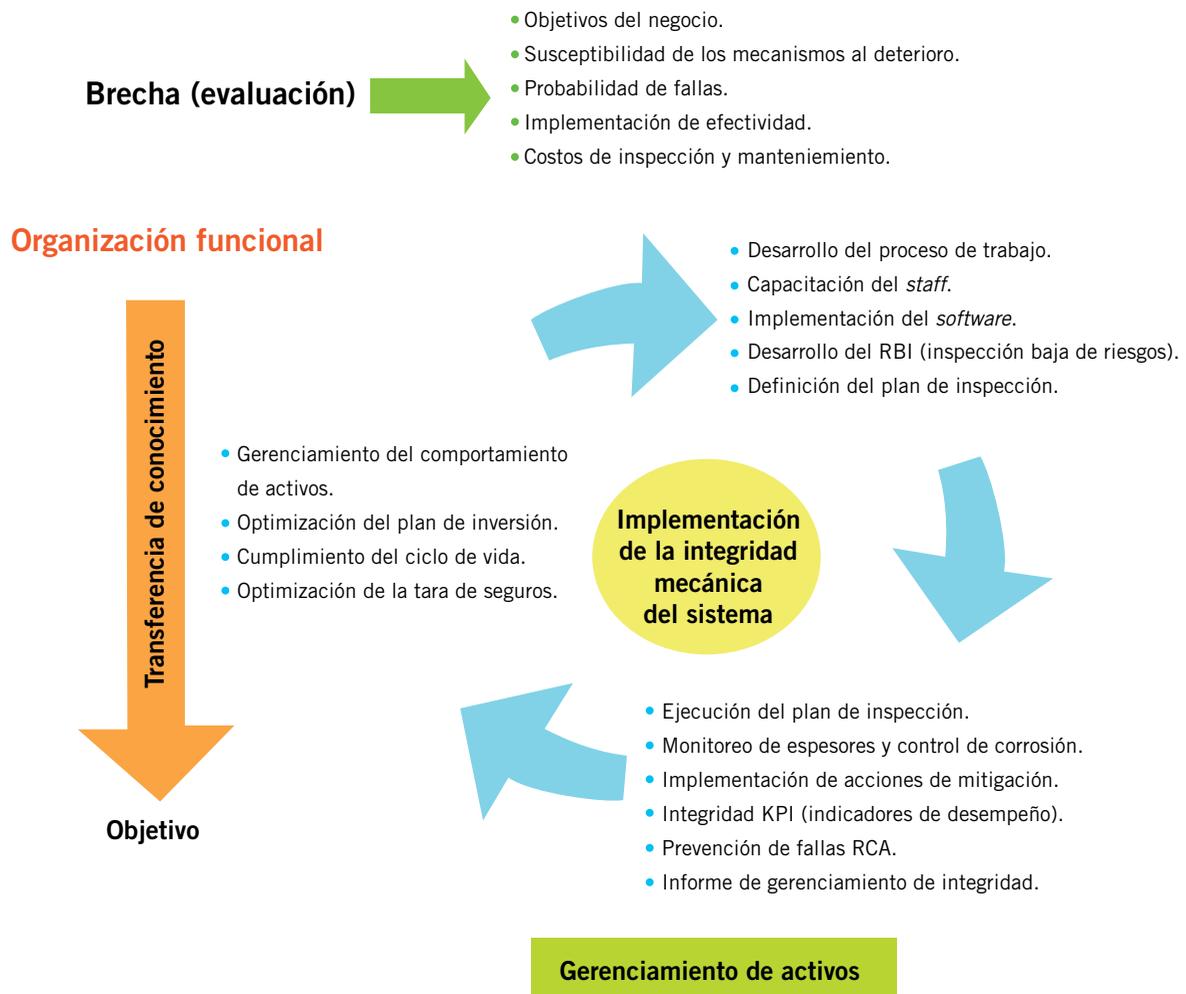


Figura 1. Desarrollo e implementación del sistema MI para activos.

Estrategias de implementación

El diseño y la implementación del Sistema de Integridad Mecánica de los activos fijos requirió una completa definición de la gestión en base a un proceso duradero (ciclo de mejora continua) que puede integrar temas funcionales y técnicos (Figura 1) y fue manejado a partir de una metodología de transferencia de conocimientos y métodos de Gestión de Proyecto para garantizar la correcta implementación y el cierre de brechas, promoviendo el compromiso de lograr la madurez del proceso y la tecnología a mediano plazo.

Los principales objetivos de la implementación del Sistema de Integridad Mecánica son el cumplimiento del ciclo de vida del activo dentro de un entorno de negocios productivo, seguro y confiable que soporta una gestión de datos eficiente.

La implementación deberá basarse en el ciclo de la mejora continua y mantendrá la trazabilidad y la sustentabilidad de las instalaciones y los procesos a través de Indicadores de Confiabilidad e Integridad. La implementación deberá considerar cinco etapas que se desarrollarán de manera secuencial y sistemática, a saber:

- Desarrollo del Modelo de Gestión del Sistema de Integridad Mecánica.
- Implementación de la plataforma tecnológica (Software APM-SIM).
- Proceso de transferencia de conocimientos (Desarrollo de especialistas y campeones).
- Desarrollo e implementación de funcionalidades.
- Integración de funcionalidades (métodos), tecnologías (herramientas de Integridad Mecánica, control de procesos e historial y CMMS).

1. Desarrollo del modelo de gestión del Sistema de Integridad Mecánica

a. Análisis de brechas (gap analysis): el primer paso para iniciar una Implementación de Sistema a cargo de la Gerencia que identificará las necesidades concretas del activo, proceso y negocio dentro del ciclo de vida será analizar las brechas y definir de la situación real en base a la experiencia, habilidades, tecnologías, proceso de trabajo, nivel de rendimiento y prioridades.

El análisis de brechas realizado consideró los siguientes elementos para obtener un resumen completo de la situación del proceso de integridad mecánica, la estructura de la organización y el rendimiento del activo fijo:

- Sistema de Integridad Mecánica.
- Inspección de habilidades, competencias, roles y responsabilidades.
- Estructura del desglose de mecanismos de daños o deterioro.
- Gestión de datos.
- Evaluación de los análisis y procesos RBI.
- Planes de inspección y eficacia de la ejecución.
- Gestión de la inspección y procesos de monitoreo y datos de espesor.
- Variables críticas del proceso (CPV, por sus siglas en inglés); procesos y datos.

- Plan de acciones de mitigación.
- Plan de control de corrosión.
- Control de calibración de la válvula PSV y del sistema de monitoreo.
- Sistema de aseguramiento de la calidad.
- Proceso de revisión de riesgos de reconversión.
- Sistema de seguimiento de las recomendaciones.
- Indicadores clave de desempeño (KPI) y métricas.
- Sistema de auditorías e inspecciones.

De esta auditoría se obtuvo un diagnóstico (Figura 2) sobre las brechas existentes en las instalaciones y todas las acciones requeridas para madurar y mejorar el rendimiento de la Integridad Mecánica. Las recomendaciones que surgen de esta evaluación se consolidan y utilizan para desarrollar el Plan del proyecto y su implementación a fin de definir las prioridades, los recursos (presupuesto, personal, contrato, logística) y la base de la línea de tiempo, asegurando la correcta comprensión, la *performance*, la suficiente madurez y la mejora continua de la integridad mecánica del activo.

b. Modelo de Gestión de la Integridad Mecánica: incluye la revisión de todas las herramientas, elementos y filosofía a tomar como Hoja de Ruta para los conceptos y bases de un Sistema de Integridad Mecánica, que debe apoyarse en el modelo de ciclo de vida para garantizar el rendimiento óptimo del activo (Figura 3), el cumplimiento de las necesidades del negocio, de los objetivos de seguridad y medio ambiente y asimismo la disponibilidad del proceso y la confiabilidad del activo.

Elementos de la Integridad Mecánica. Las metodologías y herramientas consideradas como elementos de este sistema son las siguientes:

- Sistema RBI (lazos de corrosión).
- Variables críticas del proceso (IOW o ventanas de operación con integridad).
- Estrategias de inspección.
- Análisis de la Inspección Basada en Riesgos o RBI (Clasificación de riesgos).
- Sistema de gestión de inspecciones.
- Sistema de monitoreo de espesor.

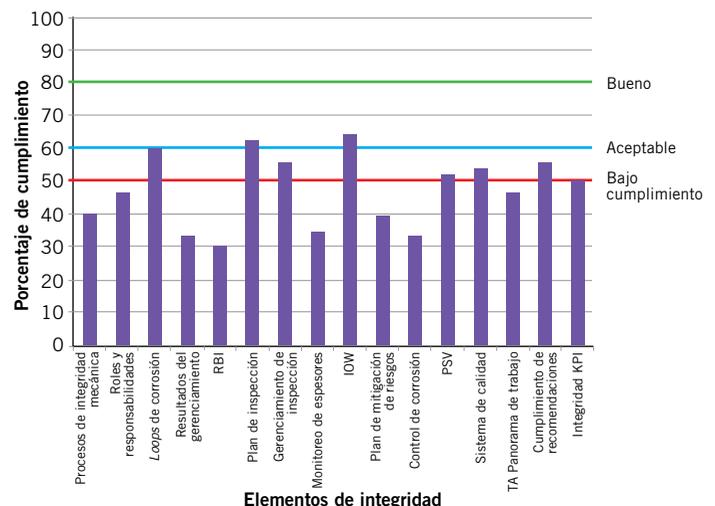


Figura 2. Evaluación de la integridad mecánica.

- Control y seguimiento de la corrosión.
- Análisis estadístico.
- Sistema de gestión de recomendaciones.

El Sistema fue estructurado teniendo en cuenta la Inspección Basada en Riesgos (RBI) como una función central, donde se identificaron todos los mecanismos de daño conforme a la metalurgia, a las condiciones del proceso y a la configuración geométrica; sobre estas funciones también se definen las variables críticas del proceso. Esta información será utilizada para conducir el análisis RBI a fin de determinar la Clasificación de los riesgos sobre la base de la contención de la presión, acciones de mitigación, estrategias de inspección y el Plan de inspección (frecuencia y cobertura de los NDT o ensayos no destructivos).

El Plan de inspección propuesto fue integrado a estrategias de mantenimiento y operativas para también evaluar la *performance* de la reconversión y de los procesos de rutina. Esta integración permitió la correcta ejecución de actividades de inspección dentro de una ventana de disponibilidades y costos razonables.

La comunicación bidireccional entre el Sistema RBI y la Herramienta RBI (análisis) empleó la Funcionalidad de seguimiento del deterioro, a cargo de conducir las actividades de Monitoreo de espesor con una herramienta efectiva capaz de recopilar todos los datos del campo, analizar y pronosticar cualquier falla posible. Dentro de esta función se incluyen las pruebas de corrosión y las actividades de inyección química.

La integración de estos elementos y los resultados permiten una adecuada interacción de la información, orientada a definir las tareas preventivas y correctivas para minimizar el efecto de los daños mecánicos; por ejemplo, el ajuste de la inyección química.

La prospección del Plan de inspección y de las acciones de mitigación debe ser cargada en el Sistema de gestión de inspecciones, esta herramienta almacena toda la información; por ejemplo, el perfil de activo, el plan, el esquema, los registros, los informes y los anexos. Esta herramienta de gestión de inspecciones debe ser flexible y debe utilizar un sistema de flujo de trabajo y estar relacionada con una herramienta de recomendaciones y un sistema de notificaciones (CMMS).

Como funciones complementarias del Sistema de Integridad Mecánica, se deberán tener en cuenta análisis probabilístico de integridad; análisis de tensiones y resistencia; *Weibull*; adecuación para el servicio (FFS); análisis de la mecánica de las fracturas y gestión de la integridad de los activos, que incluye una actualización de la metalurgia, cambios de diseño y el análisis del ciclo de vida. Estas funciones brindan un análisis más profundo para respaldar las decisiones de la alta gerencia; sin embargo, dependerá de la calidad y la efectividad de la gestión de datos dentro del Sistema de Integridad Mecánica.

El modelo diseñado fue desarrollado para cubrir los elementos clave del negocio, como la transferencia de tecnología, la vida útil del activo, la disponibilidad de la unidad de procesos, los registros de activos, los desafíos y las capacidades tecnológicas, el plan de reconversión, la criticidad del activo y los objetivos del negocio; si esto no ocurriera, la implementación de herramientas funcionaría de manera aislada y no proporcionaría el nivel de cumplimiento necesario para lograr los objetivos de integridad mecánica y, en consecuencia, se podría dar un “efecto bola de nieve” (recopilación de datos pobre y enorme) en el sistema de gestión de activos que afecta la efectividad de las decisiones de la gestión.

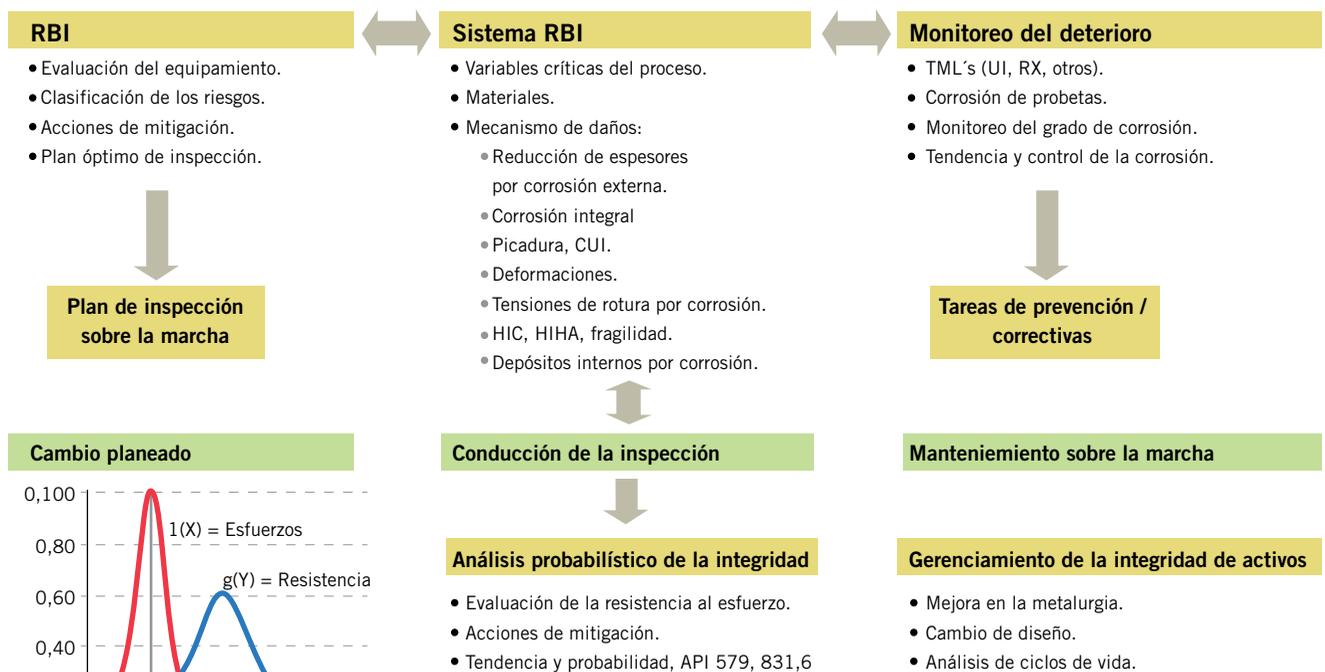


Figura 3. Elementos de la integridad mecánica.

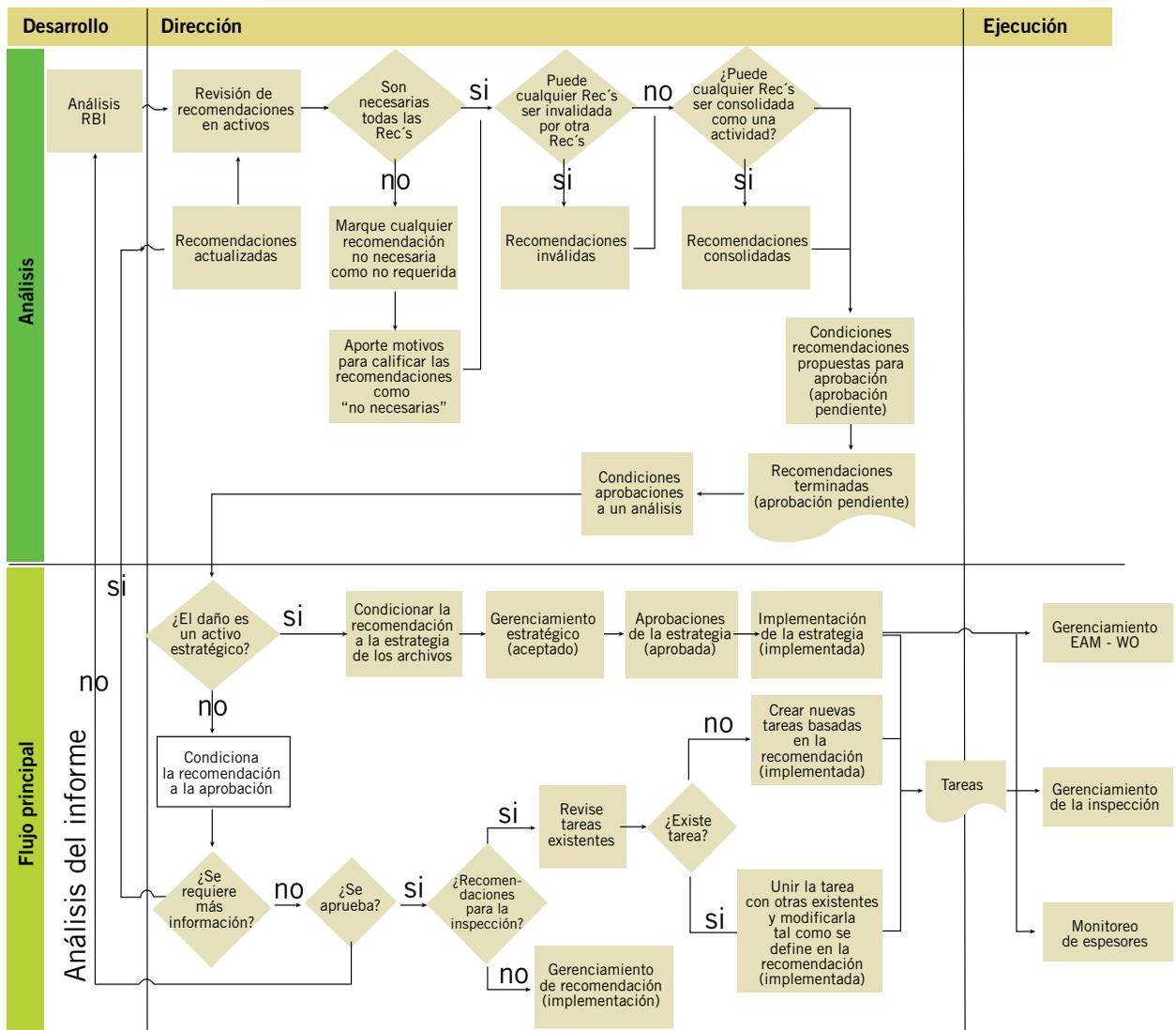


Figura 4. Flujo de trabajo.

c. Desarrollo del flujo de trabajo: se ha desarrollado un proceso de flujo de trabajo como respaldo del Sistema de Integridad Mecánica (Figura 4) que será el documento de referencia para estandarizar e incorporar el sistema en toda la organización. Como el Sistema de Integridad Mecánica no solo se encarga de las inspecciones, se deberá asignar un equipo de trabajo dentro del Departamento de Confiabilidad o Integridad, que será responsable de garantizar la implementación efectiva y la sustentabilidad.

El flujo de trabajo necesita de pautas y de documentos de referencia (formatos, instrucciones y procedimientos); a partir de allí se puede realizar una efectiva implementación, al definir el nivel de criticidad sobre la base de la susceptibilidad del deterioro del material, desarrollar el Plan de Inspección conforme a la mejor mitigación de los escenarios de falla, programar las tareas de inspección sobre la base de la disponibilidad del negocio, definir un control de corrosión proactivo y realizar un seguimiento óptimo de las recomendaciones y de los indicadores de integridad mecánica como herramienta de gestión, todo esto para op-

timizar el Plan de Inspección basado en la filosofía de la mejora continua.

2. Implementación de la plataforma tecnológica (software APM-AIS)

La implementación de un Sistema de Integridad Mecánica (SIM) fue respaldada por una plataforma tecnológica que permitió la recopilación, la interrelación, la gestión y el almacenamiento de datos asociados a un activo, de esta manera, este portfolio tecnológico contiene una serie de funcionalidades que garantizan la efectividad y en rendimiento de la integridad mecánica del activo. Los requisitos que cubrirá este sistema son los siguientes:

- Capacidad de interrelacionar y transferir datos de los Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) y Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) utilizados para administrar todos los temas del negocio pero que no están preparados para manejar problemas particulares

de integridad mecánica: cálculo de riesgos sobre la base de la susceptibilidad de mecanismos de daños, consecuencias de las pérdidas (*leaks*), cálculo de las tendencias al deterioro, índice de corrosión y definición de la vida útil.

- Capacidad para crear la estructura del activo fijo sobre la base de la jerarquía taxonómica de la unidad, lazos de corrosión, componente RBI (pieza de equipo), perfiles del componente o activo (áreas de inspección), punto de inspección y ubicación de la medición del espesor (TML, por sus siglas en inglés). Además, el sistema debe manejar los datos de diseño y operación, los archivos de mecanismos de daño o deterioro, las listas de ensayos NDT y los parámetros de corrosión basados en las normas internacionales.
- Capacidad para calcular riesgos (criticidad por pérdida de contención de la presión) de manera cuantitativa y semicuantitativa (matriz de riesgos por mecanismo de daño) sobre la base de la metodología de la Inspección Basada en Riesgos (API 580, 581 y 571) y aplicable a equipos y componentes; se deberá poder generar una

biblioteca de mecanismos de daño o deterioro basada en estrategias de inspección particulares y/o generales.

- Habilitar la generación de recomendaciones RBI (manual o automáticamente) por iniciación o progreso de mecanismos de deterioro que deberán ser abordadas mediante una estrategia de inspección alineada con estrategias de mantenimiento (rutina o reconversión) y deberán ser flexibles a los programas de inspección (planificados y programados). Capacidad de actualizar la última y la próxima fecha de tareas y de generar un paquete de trabajos de inspección que se utilizará como un registro de las actividades de inspección contratadas.
- Capacidad para desarrollar plantillas de perfiles de inspección de equipos y/o componentes conectados a la clasificación de fallas, biblioteca NDT, prioridad de tareas y funcionalidad del informe, que deberá personalizar los formatos y adjuntar archivos complementarios (gráficos, dibujos y esquemáticos). Se recomienda que el sistema de informes tenga la flexibilidad de emitir la información por unidad, sistema, equipo o componente

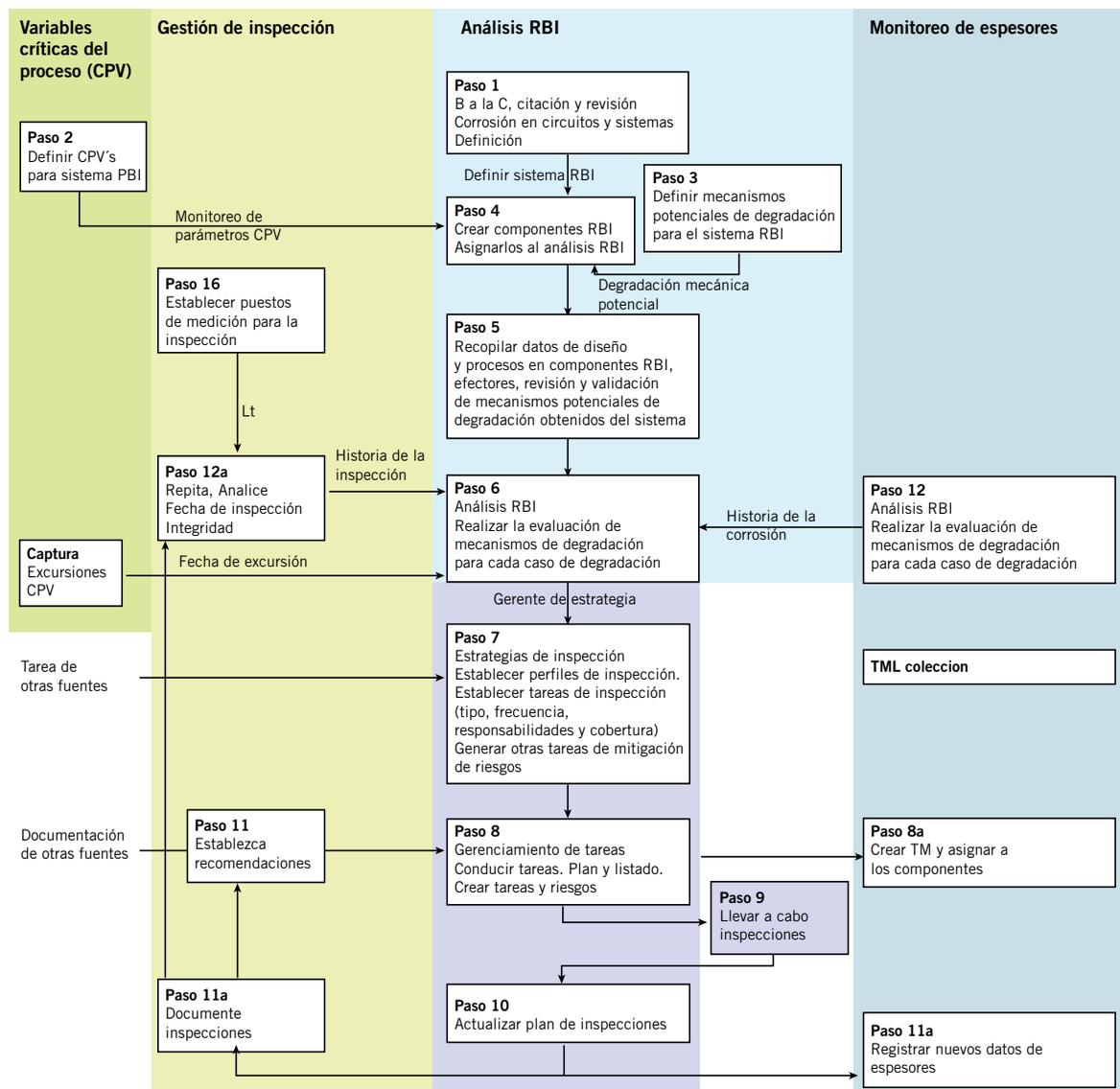


Figura 5. Desarrollo de la plataforma de integridad mecánica.



desde cualquier funcionalidad del Sistema de Integridad Mecánica.

- Capacidad de generar informes de programas de tareas y de tareas atrasadas que al mismo tiempo estuviesen conectados con el CMMS, así como también de realizar el seguimiento de las recomendaciones para controlar el funcionamiento de los programas de inspección y de las tareas de mantenimiento que fueron recomendadas.
- Habilitar la transferencia de datos de medición en campo de manera específica y masiva desde los dispositivos o registradores de datos (*datalogger*) de mediciones, y para calcular los parámetros de integridad, como el índice de corrosión, la vida útil restante y el espesor mínimo necesario. Sobre la base de estos temas deberá informarse la próxima fecha de inspección dentro de las normas internacionales requeridas, reglamentaciones locales o políticas y prácticas internas. Al mismo tiempo se requiere que la funcionalidad pueda recopilar datos desde el Sistema de control de procesos para monitorear y registrar cualquier tipo de desvío del proceso o violación del umbral que pudiese disparar mecanismos de deterioro o daño.

La Plataforma de Integridad Mecánica debe ser desarrollada sobre la base de la Interrelación de los módulos y contener al menos funcionalidades, como el Marco de Activo Básico, RBI, el Monitoreo de espesor, la Gestión de inspecciones, las variables críticas de proceso, la Gestión de estrategias y el Seguimiento de las recomendaciones (Figura 5).

Personalización de *software*

Las funcionalidades de la plataforma fueron personalizadas conforme a las necesidades del negocio a fin de facilitar la gestión de datos y obtener un mejor rendimiento de la aplicación. La personalización debería ser razonable y posible, garantizando el mismo nivel de datos entre los diferentes módulos (Figura 5) que pueden ser recopilados, analizados y reencaminados desde un módulo a otro; esta capacidad brinda un tiempo de respuesta efectiva y oportuna y permite mantener la trazabilidad y calidad de toda la información dentro del sistema.

La personalización cubre los requisitos específicos de otros sistemas fuera del paquete de integridad por ejemplo CMMS o Sistema de control de procesos (*Process Historian*); sin embargo, fue necesario desarrollarla cuidadosamente para evitar gastos de recursos y presupuesto innecesarios.

3. Proceso de transferencia de tecnología (desarrollo de especialistas y de campeones)

La implementación del Sistema de Integridad Mecánica fue soportada por un proceso de transferencia de conocimiento real, lo cual contribuyó al desarrollo de habilidades y capacidades del personal propio. Por ello, los accionistas serán responsables de la implementación, la incorporación y la sustentabilidad de esta tecnología y los métodos de trabajo durante todo el ciclo de vida del negocio.

Diversas evaluaciones de integridad determinaron que las organizaciones interesadas en implementar un Sistema de Integridad Mecánica (SIM) tienen poco conocimiento y aptitudes sobre áreas técnicas y funcionales; su proceso de IM ha sido gestionado sobre la base de procedimientos y software aislados dentro de capacidades limitadas integradas en el Sistema de gestión, lo que generó una mayor dependencia en un reducido personal de inspecciones o algún contratista específico. Aunque la intención es proteger el activo en funcionamiento, los resultados de esta gestión revelan una gran falta de cumplimiento de las metas y objetivos del negocio, mientras gastan demasiado presupuesto y no existen indicadores reales o mejora del rendimiento de los activos.

Desarrollo de especialistas y de campeones

El desarrollo de especialistas en esta área de la gestión de activos requiere un proceso consistente de capacitación, *coaching* y *mentoring*. Para lograr este objetivo se midió el nivel de comprensión y las habilidades en cada funcionalidad, tanto en el nivel funcional (metodología) como en el nivel técnico (software) y también de todo el personal a cargo de la implementación del sistema de integridad. Las partes de la organización que estuvieron involucradas en este proceso, a fin de desarrollar los impulsores que soportan las actividades y las tareas, son inspección, mantenimiento, procesos, operaciones y seguridad.

Como tema fundamental de la transferencia de conocimientos, el desarrollo de la base de conocimiento consideró las siguientes tareas:

- a) Capacitación formal en las habilidades básicas del SIM, así como también en las funcionalidades específicas de cada módulo; Inspección basada en riesgos (RBI), Gestión de la Inspección, Monitoreo de Espesor y Gestión de la Estrategia. Como capacitación complementaria, se incluye la Metodología RBI (API 580 y 581), Mecanismo de daños (571 y NACE) e Introducción a la

inspección de equipos (API 510, 570 y 653) y técnicas NDT (ASME, sección V).

- b) *Coaching* sobre características particulares definidas para la configuración del sistema, gestión de datos, diseño del informe, desempeño del plan de implementación, problemas de entrega, indicadores clave de desempeño o KPI y gestión del sistema.
- c) *Mentoring* directo sobre la definición de parámetros de integridad, recopilación de datos, estructura de los componentes, definición de los lazos de corrosión, Análisis RBI, estrategias de inspección y desarrollo del Plan de Inspección, definición de perfiles y plantillas, identificación de las variables críticas de un proceso (asociadas con los mecanismos de daño) y la gestión de las recomendaciones.

4. Desarrollo e Implementación de funcionalidades (Evaluación RBI, Desarrollo del plan de inspección, Estandarización del monitoreo de espesor, definición de CPV, Integración del seguimiento de recomendaciones y optimización del control de corrosión)

Esta estrategia se orienta a realizar la implementación en campo de manera efectiva. Como se mencionó, la clave del éxito de esta iniciativa es la integración de todas las funciones del negocio. Como la información se desarrolla en diferentes sistemas y desde distintas fuentes, se deberán contemplar todos los datos de manera integral a fin de garantizar el manejo adecuado de los activos dentro del ciclo de vida.

El contenido de la implementación de esta estrategia se basó en la definición, el desarrollo y el rendimiento de los siguientes aspectos:

- Desglose del mecanismo de daños.
- Variables críticas del proceso.
- Estrategias de inspección.
- Análisis RBI.
- Plan de inspección.
- Estructura del monitoreo de espesor.
- Estructura de la gestión de inspecciones.
- Programa de control de corrosión.
- Seguimiento de las recomendaciones.
- Integridad de los indicadores clave de desempeño (KPI).

Análisis y desglose de los mecanismos de daño

Cada unidad de proceso está desglosada en el Sistema RBI y se conoce normalmente como lazos o circuitos de corrosión (*Corrosion Loops*), que se desarrollan a partir del análisis de susceptibilidad del mecanismo de daño en una determinada longitud de fluidos y son tomados como parámetros fundamentales del tipo de metalurgia, parámetros de proceso y condiciones operativas relacionadas con la ocurrencia o activación de posibles deterioros.

La estructura de lazos de corrosión proporciona una guía para identificar, interna o externamente, el posible mecanismo de daño en algún componente, que debe ser considerado como la base del análisis RBI. Las probabilidades y las consecuencias deben ser modeladas sobre un deterioro específico para determinar el nivel de criticidad y las estrategias de inspección (NDT, frecuencia y cobertura)

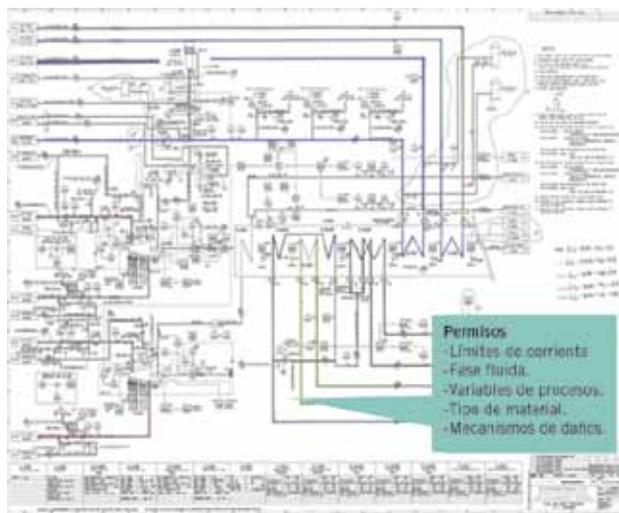


Figura 6. Estructura del sistema RBI.

y poder monitorear de manera preventiva la presencia de daños en el material. Además, los sistemas RBI permiten definir el inventario del fluido a usar en el cálculo de las consecuencias, ya que es el parámetro requerido para calcular la magnitud de fuego, toxicidad, daños en los equipos, costos de producción y contaminación ambiental como resultado de la falta de contención (*loss of containment*).

La estructura del Sistema RBI (Figura 6) en su representación gráfica muestra el alcance de cada grupo de componentes fijos, pero es importante diferenciarlos de los Diagramas de Flujo de Procesos (PDF) y de los Diagramas de Instrumentación y Tuberías (P&ID), ya que hay diferentes posibilidades para definir y usar también. Estos pueden encuadrarse en cualquiera de los diagramas que mencionamos; sin embargo, es de excelente ayuda para el Ingeniero de Integridad identificar las áreas susceptibles y en base a ello realizar el análisis RBI de manera sistemática y efectiva.

Identificación de las variables críticas del proceso

La activación y la propagación de mecanismos de degradación es normalmente el resultado de un desvío de las

PROCESS COMPONENT		CRITICAL PROCESS VARIABLE											
NAME	FUNCTION	OPERATIONAL MODE	HAZ	CPV ID	DESCRIPTION	PERMISSIBLE VALUE	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	UNITS	LOCATION	UNIT	STATUS	REMARKS
12-00-01	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-01-01	Temperatura Reactor R. (°C)	300	400	500	°C	Reactor	1	Active	Heating
12-00-02	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-02-01	Temperatura Reactor R. (°C)	100	150	200	°C	Reactor	2	Active	Heating
12-00-03	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-03-01	Temperatura Reactor R. (°C)	300	400	500	°C	Reactor	3	Active	Heating
12-00-04	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-04-01	Temperatura Reactor R. (°C)	100	150	200	°C	Reactor	4	Active	Heating
12-00-05	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-05-01	Temperatura Reactor R. (°C)	300	400	500	°C	Reactor	5	Active	Heating
12-00-06	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-06-01	Temperatura Reactor R. (°C)	100	150	200	°C	Reactor	6	Active	Heating
12-00-07	Reactor	Reactor	HAZ	12-00-07-01	Temperatura Reactor R. (°C)	300	400	500	°C	Reactor	7	Active	Heating

Figura 7. Factores de deterioro.

variables del proceso respecto del umbral de resistencia de materiales, que puede verse afectado por factores mecánicos, térmicos y ambientales; es así como estos parámetros son identificados y manejados dentro de un sistema (Figura 7). La captura y la recolección de muestras de ejecución por parte del ingeniero de inspecciones o de integridad dispara las alarmas y desvío de las variables de procesos, para que las actividades de inspección sean programadas y así verificar la presencia de un daño o ajustar un proceso para evitar la iniciación del mecanismo de daño a lo largo de la vida del activo.

Definición de las estrategias de inspección

Cada mecanismo de daño es evaluado siguiendo una estrategia de inspección específica, que se aborda para aumentar la capacidad de su detección y monitoreo. Diferentes fuentes recomiendan la técnica o método apropiado para captar cualquier evidencia de deterioro. Conforme a la experiencia que tengan el ingeniero en corrosión o el ingeniero inspector en este tipo de temas y sobre la base de la filosofía de mantenimiento y operación, se define el alcance de la estrategia de inspección.

En este proyecto se desarrollaron 168 estrategias de inspección, que ayudarán a optimizar los requisitos de los Ensayos No Destructivos (NDT), la frecuencia y la cobertura necesarias para garantizar la capacidad máxima de la detección, porque esto es el disparador para desarrollar las tareas de inspección a programarse en adelante. Entonces, para garantizar la implementación, estas estrategias se generan automática o manualmente conforme el nivel de criticidad y el análisis de riesgos y los costos con la finalidad de emplear la herramienta correcta, brindar confianza y abordar la reducción del nivel de probabilidad sobre la base de la efectividad de la inspección y la posibilidad de desarrollarla.

Enfoque del análisis RBI

Como metodología basada en API 580 y API 581, la Inspección Basada en Riesgos (RBI) es una herramienta completa para determinar la criticidad del componente. Sin embargo, el requisito de calcular la probabilidad y las consecuencias tiene un cierto nivel de complejidad que es muy difícil de manejar, por ello, se implementó un módulo RBI práctico y útil que permitió valorar, de manera sistemática y efectiva, esta condición y sus implicancias en el ciclo de vida del negocio.

La mejor implementación se podrá lograr solo si la Inspección Basada en Riesgos se integra en *loops* continuos con las funcionalidades, ya que debe manejarse como un proceso duradero. El éxito de este proceso depende de la calidad de los datos recopilados, que es responsabilidad del facilitador, pero está muy influenciada por las funciones o departamentos, como procesos, operativo y Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SHE, por sus siglas en inglés). Una vez que se completa la recolección de datos y se desarrolla el sistema RBI, todos los parámetros están ingresados en el software para ejecutar cada análisis RBI y obtener un enfoque completo para abordar la implementación de las estrategias de inspección.

La clave de la exactitud del análisis RBI, en este caso, se basa en los datos de calidad, aunque las estrategias para minimizar problemas se orientaron a obtener el mejor desempeño del equipo de trabajo, y a reducir la brecha que normalmente existe en bases de datos o documentos guardados en las instalaciones por medio de un análisis de sensibilidad. La implementación del análisis RBI requiere mucho esfuerzo y lleva tiempo, de hecho se aplica a nuevos proyectos en su etapa inicial para prepararlos con un Plan de inspección antes de que funcionen por primera vez. En las instalaciones que ya están funcionando se recomienda definir las prioridades que normalmente apuntan a la unidad de proceso en su etapa inicial y luego a las instalaciones.

Matriz de riesgos

La matriz de riesgos es la referencia para ubicar el nivel de criticidad de cada activo. Uno de los aspectos que se debe considerar es la capacidad de esta matriz de clasificar el nivel de riesgo para definir las prioridades de inspección y asignar, de manera efectiva, la estrategia de inspección que se aplicará, de lo contrario, los resultados caerán dentro de un rango amplio y dependerá de la experiencia del analista definir la próxima fecha de inspección, que normalmente es el resultado final del análisis RBI y dentro de las mejores prácticas es solo uno de ellos. Esto debe ser complementado por los demás elementos de la Integridad mecánica, como el ciclo de vida, las estrategias de integración, la optimización del esquema de inspección y los escenarios propuestos para determinar, en base a los costos y riesgos, otras acciones de mitigación en el ciclo de vida (por ejemplo, la actualización de la metalurgia, las actividades de mantenimiento o rediseño).

Como soporte a la gestión, la Inspección basada en riesgos da una idea general del riesgo (Figura 8) de todos los componentes para visualizar rápidamente la posición de las instalaciones dentro de la criticidad de la integridad; asimismo, puede determinar las estrategias de gestión que se implementarán en el negocio para mantener el problema dentro de márgenes aceptables. La imagen es una herramienta útil de auditoría de seguros y puede influir en

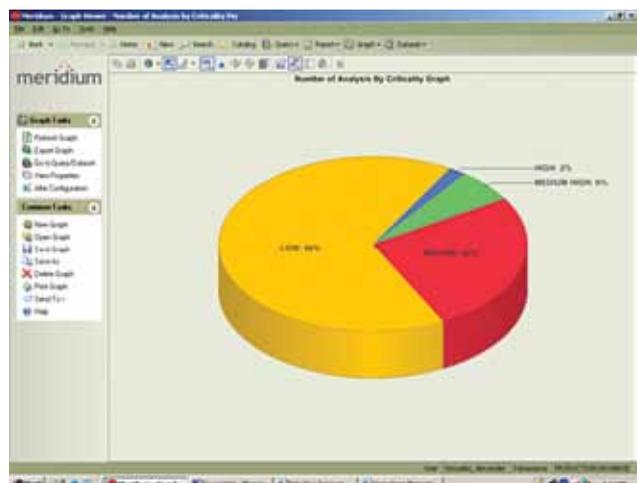


Figura 8. Grados de riesgo en un sistema.

el resultado final y en el *payment rate* debido al estado de integridad mecánica.

Desarrollo del plan de inspección

Una vez realizado el análisis RBI, sus resultados fueron consolidados y se plasmaron en un Plan de inspección, normalmente establecido por un período de diez años en base a la criticidad del componente y a las estrategias de inspección previamente definidas. Así, se pudo desarrollar el esquema de inspecciones y determinar los recursos necesarios para monitorear y controlar la probabilidad de falla. Este esquema tiene que ser realista y factible de implementar, de lo contrario, será un “certificado de defunción” de los datos de un sistema que introducirá mayores problemas en la Gestión de activos y en la Gestión del negocio, por ejemplo, aumento de las órdenes pendientes o trabajo acumulado, recomendaciones pendientes y malas interpretaciones en lo referente a confiabilidad.

El Plan de inspección desarrollado y administrado en la plataforma SIM representa el alcance del trabajo que se implementará en el corto y mediano plazo, orientado a evaluar las condiciones del activo; así se puede determinar la presencia real de discontinuidades o defectos que pueden generar una falla por falta de contención. Para lograr la efectiva implementación del Plan de inspección se necesita alinearlo con el plan de mantenimiento, la disponibilidad del presupuesto, el compromiso de la Gerencia y la comprensión de los indicadores de integridad para obtener un pronóstico sobre las expectativas de la vida útil restante en condiciones de operación seguras y confiables.

Construcción del sistema de monitoreo de espesor

Como parte de las herramientas de integridad se busca recopilar la medición de espesor real tomada a lo largo del Sistema del proceso, para determinar el índice de corrosión y la vida útil restante (Figura 9). Así se pueden definir las acciones y tareas para obtener un control de corrosión efectivo en base al ajuste de las variables de proceso, la

mejora de los parámetros de inyección química (preparación, índice de inyección, concentración, tipo de químicos y otros), la actualización metalúrgica y el monitoreo del deterioro en tiempo real.

Hay dos temas que se deben considerar en esta función que requirieron mucho esfuerzo y un manejo técnico cuidadoso: la Identificación de los Puntos de Monitoreo de Espesores (TML, por sus siglas en inglés) en diagramas basados en accesibilidad del campo y la definición de los parámetros de corrosión en el sistema. La calidad y efectividad de este elemento particular está muy afectada tanto por discrepancias como por disparidades de estos parámetros. La clave de la implementación de esta herramienta fue el desarrollo de normas o pautas que permitieron una adecuada configuración de los puntos de monitoreo de espesores en base a una definición apropiada de la isometría y de relacionar a los TML dentro de las estrategias requeridas del RBI. Fue así como la recopilación de lecturas permitió la transferencia de datos de manera efectiva y exacta entre el dispositivo de medición y el Sistema de monitoreo de espesores TM, lo que arrojó una referencia apropiada al técnico de NDT para el cumplimiento del mismo.

Sistema de gestión de inspección

El Plan de inspecciones obtenido a partir del enfoque RBI fue consolidado para ser optimizado en su implementación, pero para ser administrado de manera efectiva se utilizó un sistema que permitiese desarrollar cada perfil de inspección (equipo o área) del activo; además, se asoció un ensayo no destructivo (NDT) a realizar y el mecanismo de daños susceptibles.

La gestión de la inspección presenta una combinación de control de documentos y funcionalidades de planificación, lo que permite realizar todas las tareas de inspección requeridas, conforme al esquema de ejecución. Las tareas de inspección estarán a cargo del ejecutor responsable, quien recopilará todas las condiciones identificadas, adjuntará diagramas esquemáticos o gráficos en formato de resultados NDT. También se mostrará el modo de falla y los mecanismos de deterioro posibles.

Además, el marco se integra a la taxonomía de la falla del activo, actividad de mitigación conforme a estrategias de tareas de mantenimiento, lo que permite una adecuada recolección de datos e indicadores de *performance* efectivos creados dentro de la Gestión de Rendimiento de Activos (APM) y del Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS). La generación de recomendaciones de inspección debe conectarse al CMMS para que las notificaciones de trabajo vayan directamente al grupo de planificación y sean incorporadas al programa de mantenimiento.

Control y seguimiento de la corrosión

La Implementación del Sistema de Integridad Mecánica consiste en la generación, aprobación y ejecución del Plan de inspección, por lo tanto el Control de corrosión se realiza de manera confiable y efectiva. Por medio del



Figura 9. Resultado de un análisis de corrosión.

mismo se evalúa el desempeño de los materiales expuestos a fluidos y sus condiciones operativas. Las condiciones detectadas en las inspecciones reflejan la activación de mecanismos de daño y contribuyen a determinar la eficiencia de los programas de inyección química (inhibidores, agentes neutralizantes y pasivación) y el control de las variables del proceso. Este tema a menudo representa un conflicto entre el Departamento de inspección y corrosión y el Departamento de procesos, que puede afectar el logro de los objetivos del negocio. La intención es lograr que todos los actores estén alineados y tomen las acciones necesarias para mejorar la protección de los materiales.

La separación entre los índices de corrosión físicos determinados por el Sistema TM y el análisis químico realizado por el laboratorio contratado, normalmente produce una enorme pérdida de dinero y un aumento de los índices de falla que afectan la disponibilidad de los planes de producción. Esta es la razón por la cual el control de corrosión tiene que estar integrado a estrategias de integridad mecánica y debe alimentar las variables del RBI en base al resultado del programa de monitoreo de espesores.

Como parte del Control de corrosión, la planta debe instalar dispositivos como cupones ERP o ERL para monitorear en tiempo real y recopilar los cambios de composición de los fluidos en base al contenido de hierro o a la pérdida de material, que puede aportar evidencias sobre el aumento de la probabilidad de reducción del espesor. El nivel de tecnología, integración de funciones y de conocimientos especializados aportará el nivel de confianza en esta actividad; sin embargo, la efectividad del monitoreo de espesor será determinante para garantizar la detección y exactitud de la progresión del mecanismo de deterioro.

Seguimiento de las recomendaciones

En base a las condiciones, la generación de recomendaciones es la forma normal de identificar la tarea requerida para mitigar cualquier desvío o progresión del deterioro; este tema es normalmente una proyección técnica cuyo contenido representa el alcance del trabajo a desarrollar y los requisitos para determinar la probabilidad de falla; para su implementación se debe realizar un plan de mantenimiento o de proyecto claro y completo. Estas funcionalidades particulares permiten hacer el seguimiento de reparaciones permanentes y temporarias a fin de satisfacer los requisitos de los sistemas de gestión, por ejemplo, el de Gestión de Seguridad del Proceso (PSM), necesidades de seguros o reglamentaciones locales.

El Sistema MI está integrado al Sistema de recomendaciones (Marco APM) para asegurar la implementación, el seguimiento y el control de la ejecución de la recomendación a fin de garantizar la trazabilidad, el nivel de cumplimiento de los indicadores, la calidad y la efectividad de la implementación. Es responsabilidad de la Gerencia habilitar un Sistema donde se registren todas las notificaciones, alarmas y registros de tareas finalizadas. El cumplimiento de las recomendaciones es uno de los indicadores más importantes para los accionistas y los peritos de seguros.

Indicadores clave de desempeño (KPI) de integridad

Como herramienta de gestión, el Sistema de Integridad mecánica tiene indicadores específicos para medir, monitorear y controlar el desempeño de esta funcionalidad, los parámetros que se deben recopilar permiten reproducir indicadores confiables que pueden lograr una decisión efectiva en base a la gestión del negocio. Parte de estos indicadores son vida útil restante, índice de falla, umbrales de deterioro, cumplimiento de las recomendaciones, índice de corrosión, malos actores, ejecución del Plan de inspección y costos de inspección.

El resultado de este sistema muestra la efectividad del Sistema de integridad, que puede determinar cómo se realizan las actividades de inspección, qué tipo de condición importante fue detectada, el estado de cumplimiento de las recomendaciones, la proyección de la vida útil restante y el ciclo de vida del activo. A su vez se puede monitorear el costo de la inspección y el retorno en términos de reducción de fallas y aumentar el factor de rendimiento dentro de las necesidades de disponibilidad mecánica del activo. La estructura del KPI de integridad debe estar alineada con los requisitos de los indicadores corporativos, los del negocio y los funcionales; es muy importante generar indicadores en tiempo real y con valor agregado o a la par de las políticas de control de gestión.

5. Integración de funcionalidades (métodos) y tecnologías (herramientas de integridad mecánica, control de proceso e historial y CMMS).

La diferencia entre una implementación de tecnologías y software aislada y un efectivo Sistema de Integridad Mecánica es la integración en el negocio de todas las tecnologías disponibles. Esto significa que debe evaluarse la incorporación de cualquier herramienta para garantizar la flexibilidad y la capacidad de la herramienta de ser conectada con otras funcionalidades a fin de gestionar los datos y resultados conforme a las necesidades del negocio. Como fin de la estrategia de implementación, la integración de herramientas tiene que ser soportada por lineamientos funcionales e interfaces certificadas capaces de garantizar la transferencia de datos entrantes y salientes de cada módulo para lograr una interacción de las fuentes que se relacionarán, y analizar los datos identificando la brecha, las acciones o recomendaciones que se necesitan para mantener las expectativas del ciclo de vida del activo y de la rentabilidad del negocio.

La integración de herramientas (Figura 10) depende de la capacidad de la planta y las herramientas disponibles. Como temas de integridad, los más comúnmente relacionados son gestión de la inspección y gestión de la orden de trabajo del CMMS, gestión de la inspección y seguimiento de la recomendación, monitoreo de espesor y RBI, *Process Historian* y variables críticas de un proceso, gestión de la inspección y herramienta de gestión de cambio, gestión de performance del activo y CMMS, y cualquier otra relación considerada necesaria para el negocio. La clave es que el sistema comparta los datos, lo que impulsará a mejorar el

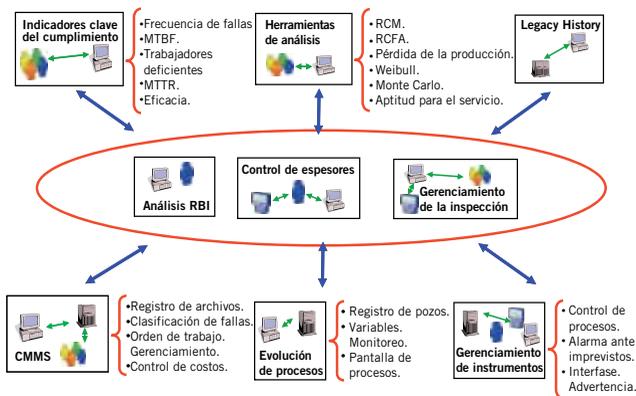


Figura 10. Integración de herramientas.

nivel de la calidad, el monitoreo y el registro de datos, ya que cualquier inconsistencia será detectada para eliminar toda influencia en las decisiones de la Gerencia.

Beneficios

La implementación adecuada y efectiva del Sistema de Integridad Mecánica en las instalaciones de MBTE fue un éxito, gracias al desafío asumido desde el principio por el personal asignado para desarrollar esta iniciativa, ya que fueron advertidos sobre la brecha en las habilidades y la resistencia de la Gerencia al cambio de los objetivos de gestión establecidos. Sin embargo, la madurez de las mejores prácticas sobre este tema, el deseo de los campeones y el compromiso de la Gerencia permitió lograr los siguientes beneficios:

Estratégicos

- Cierre de brechas de habilidades y tecnológicas (desarrollo del conocimiento de la compañía).
- Optimización del alcance del trabajo de reconversión (USD 1,6 millones en reducción de costos) y mejora de la capacidad de detección de daños.
- Seguimiento y control de la integridad mecánica.
- Optimización de los ensayos no destructivos - NDT (reconversión y de rutina).
- Definición de riesgo de criticidad aceptable (Análisis de beneficios costo-riesgo).
- Estado de la integridad mecánica para los peritos de seguros.
- Mapa de riesgos y base de las decisiones de la Gerencia.
- Estandarización de la recopilación de datos y gestión, preservación y actualización de datos.
- Incorporación de la cultura de trabajo en equipo y definición de los roles del negocio.
- Implementación de los KPI de integridad.

Operativos

- Predicción y detección de los mecanismos de deterioro.
- Reducción del tiempo de investigación de datos.

- Frecuencia de las fallas.
- Optimización de los costos de inspección.
- Plan de inspección basado en la susceptibilidad y la potencialidad de mecanismos de daño.
- *No planning Shutdown Reduction*.
- Desarrollo de estrategias de inspección (150 estrategias ingresadas automáticamente).
- Simplificación del registro de activos de tuberías (en base al grupo de tuberías, USD 300 mil de ahorro).
- Desarrollo de lineamientos y procedimientos operativos y funcionales.
- Integración de variables críticas de un proceso, seguimiento y control.

Conclusiones

El diseño e implementación del Sistema de Integridad Mecánica de activos fijos se debe basar en estrategias efectivas que consideran el desarrollo del modelo de gestión de integridad, la definición de la plataforma tecnológica, la mejora de habilidades y conocimiento, la incorporación de funcionalidades de integridad y la integración del sistema de recolección de datos.

Una implementación efectiva y el logro de objetivos de negocio que giran alrededor del proceso de transferencia de conocimiento real, fue abordada para obtener el cierre de la brecha en la comprensión, conocimiento y madurez de las metodologías usadas para implementar este sistema. Se incentivó al equipo responsable a lograr la implementación del portfolio de funcionalidades y desarrollar esta iniciativa conforme a las necesidades de la compañía y sus instalaciones; por ejemplo, el cumplimiento del ciclo de vida, la recolección de datos y el análisis de performance.

Se preservó la información y se integraron los datos para identificar los temas importantes y las prioridades, permitiendo la generación de indicadores de integridad para respaldar las decisiones de la Gerencia, apuntar al logro de las estrategias y garantizar el ciclo de vida dentro de un ambiente rentable y confiable.

El éxito de la implementación del cliente de referencia se basó en el compromiso de la Gerencia, en las metodologías del proyecto de transferencia de tecnología, en la disposición para aprender, en una adecuada gestión de resistencia al cambio, en la integración del software, la capacitación y el entrenamiento en funcionalidades y temas técnicos, en el reconocimiento de brechas o amenazas, en la incorporación de las mejores prácticas de Integridad Mecánica, en la visión del ciclo de vida y en el logro de las necesidades del negocio. ■

Bibliografía

- API RP 580, Inspección Basada en Riesgos, 2^{da} Edición API, abril 2011.
- API RP 581, Tecnología de Inspección Basada en Riesgos, 2^{da} Edición API, septiembre 2009.
- API RP 750, Gestión de Seguridad de Procesos, 1^{era} Edición API, julio 1995.
- API 510, Reparación de recipientes e Inspección de Servicio.
- API 570, Inspección de tuberías.
- Práctica estándar de Integridad Mecánica de Meridium, 3^{ra} Revisión, noviembre 2014.

