

# Programa de Eliminación de Defectos como elemento clave del Mantenimiento Clase Mundo

Baez, Camilo.  
lider.confiableidad@confipetrol.com  
Confipetrol SAS

**Resumen**—La implementación adecuada y estructurada de un proceso de eliminación de malos actores permite no solo reducir las pérdidas de producción asociadas, sino también mejora la gestión de la organización, haciendo más fácil planear los compromisos de producción con la gerencia y los presupuestos de las diferentes dependencias. Sin embargo, la implementación exitosa del proceso no es una tarea de corto alcance, requiere de establecer una base de información que permita una acertada toma de decisión, implementación de planes de acción, medición de su efectividad y afinamiento de estos. Este artículo describe el proceso de implementación de un programa de eliminación de defectos, los factores a tener en cuenta, actores involucrados, requerimientos de información y finalmente un caso de estudio de implementación exitosa de un programa de eliminación de malos actores en un campo de producción de petróleo en Colombia.

**Índice de Términos**—confiableidad del dato, eliminación de malos actores, gerenciamiento de información, reducción de pérdidas.

## I. INTRODUCCIÓN

Este artículo se desarrolló con el objetivo de presentar un marco metodológico para la implementación de un programa de eliminación de defectos dentro de un departamento de mantenimiento y su impacto positivo dentro de una organización. Para presentar estos beneficios se utiliza la matriz de la excelencia de mantenimiento como marco de trabajo y herramienta de preferencia para medir y comparar un proceso de mantenimiento contra sus iguales en sector o industria en general. Finalmente, se presenta el resultado de un proceso de maduración de un programa de eliminación de defectos durante aproximadamente tres años en una planta de tratamiento de crudo, presentando los beneficios obtenidos y el impacto no solo a nivel de resultados sino a nivel de maduración de los procesos de la organización.

## II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### A. Acerca del mantenimiento clase mundo – MCM

Las organizaciones cuyos procesos de mantenimiento se encuentran considerados como Mantenimiento Clase Mundo –

MCM son aquellas en donde sus procesos (planeación, programación, ejecución e ingeniería de mantenimiento y confiabilidad) cuentan con un alto desempeño, se reconocen como empresas referentes en su sector y cuentan con procesos efectivos de mejora continua implementados en todos sus procesos.

Estas empresas toman las mejores prácticas identificadas como efectivas en las diferentes empresas del sector industrial, las cuales, alineadas con la visión de negocio, generan valor a la empresa a través de ahorros en ejecución efectiva de actividades de mantenimiento, optimización del uso del recurso disponible, uso efectivo de inventarios y programas sistemáticos de eliminación de defectos identificados en la operación.

Tabla I  
Procesos evaluados en Matriz de la Excelencia de Mantenimiento

Procesos
Estrategia de mantenimiento
Administración y organización
Planeación y programación
Técnicas de mantenimiento
Medidas de desempeño
Tecnologías de la información y su uso
Involucramiento de los empleados
Análisis de confiabilidad
Análisis de procesos
Información sobre infraestructura y facilidades

Un marco común para la evaluación del nivel de madurez de los procesos de mantenimiento de una organización es la Matriz de la Excelencia de Mantenimiento [3], esta herramienta evalúa 10 procesos (ver Tabla I) dentro del modelo de mantenimiento implementado en la organización y los enmarca en cinco niveles de acuerdo a su nivel de madurez de implementación (ver Tabla II).

Tabla II  
Niveles de madurez del proceso

Nivel de Madurez
Inocente
Insatisfactorio
Consiente
De lo mejor de su clase
Clase mundial

El desarrollo de la evaluación con base a la Matriz de la Excelencia de Mantenimiento (ver Fig. 1) no solo permite conocer mejor el nivel de madurez de la organización en sus

procesos de mantenimiento, sino también permite tener una referencia estándar para compararse con otras organizaciones de su sector para evaluar así sus procesos e implementar mejores prácticas comprobadas.

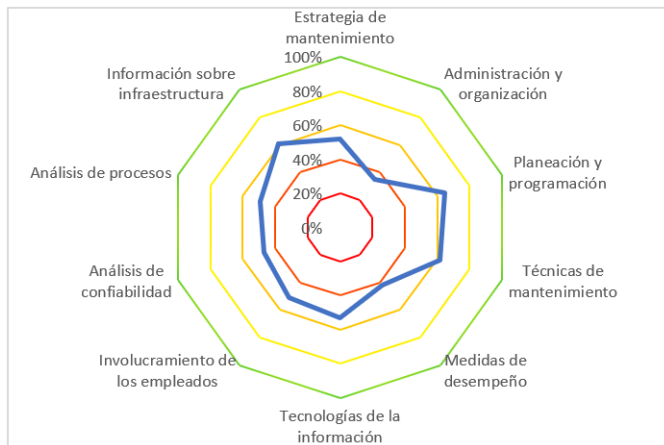


Fig. 1 Ejemplo de resultado de evaluación de Matriz de Excelencia de Mantenimiento (Fuente: propia)

### B. Programa de eliminación de defectos como elemento clave del MCM

Un programa de eliminación de defectos es un elemento clave en la gestión de mantenimiento, el cual permite alcanzar la función esperada en los equipos pertenecientes en una planta, ligado a la rentabilidad esperada por el negocio. El programa tiene como objetivo principal la reducción de fallas en los equipos y consecuencias asociadas, llevando estas últimas a niveles que no afecten el cumplimiento de los objetivos del negocio.

Un programa de eliminación de defectos tiene como objetivo el identificar, analizar e investigar fallas esporádicas o crónicas en una planta, identificando las causas raíces que inducen las fallas o defectos, estableciendo planes de acción orientados a **eliminar los defectos** identificados y realizando un seguimiento y verificación sistemática a la efectividad de las acciones ejecutadas.

Implementar un programa de eliminación de defectos apalanca los procesos de la Matriz de la Excelencia de Mantenimiento así:

- *Estrategia de mantenimiento*, una práctica habitual al identificar una falla es cuestionar la estrategia de mantenimiento definida por el negocio, lo cual permite retar de forma constante su pertinencia y efectividad.
- *Administración y organización*, el correcto alineamiento de todas las áreas del negocio (compras, operación, bodega, etc.) redundará en un alto desempeño de mantenimiento, si existen falencias en las áreas o sencillamente no existe sinergia entre estas y mantenimiento, los defectos incrementarán en frecuencia e impacto. Durante los análisis de fallas del programa de eliminación de defectos, estos “lazos

rotos” se identifican y corrigen mediante planes de acción.

- *Planeación y programación*, identificar y asegurar los recursos necesarios para ejecutar las tareas de mantenimiento definidas para un equipo es una actividad clave para alcanzar los objetivos de confiabilidad y rendimiento esperados. Identificar y corregir falencias en estos procesos es parte de las labores habituales dentro de los análisis de fallas.
- *Técnicas de mantenimiento*, las actividades de mantenimiento predictivo derivadas de análisis estructurados de los modos de falla dominantes en
- *Medidas de desempeño*, la reducción de defectos influye de forma directa en el desempeño de la compañía, mejorando así los indicadores de gestión y desempeño de esta. También es labor del programa de eliminación de defectos evidenciar la efectividad de las acciones derivadas de los análisis de estos indicadores.
- *Tecnologías de la información y su uso*, disponer de un repositorio de información de mantenimiento integrado con los sistemas financiero y compras es una de las prácticas de empresas de alto desempeño. En la medida que una empresa se aleje de esta sinergia, los problemas como uso de materiales en mal estado, presupuestos mal definidos o de baja asertividad harán que el mantenimiento correctivo incremente.
- *Involucramiento de los empleados*, el desarrollo de los talleres de análisis de causa raíz hace que equipos interdisciplinarios se sienten a discutir sobre un problema específico de la planta, este es el primer paso en la toma de conciencia para la conformación de equipos de mejora continua en la planta.
- *Análisis de confiabilidad*, las metodologías implementadas dentro del programa de eliminación de defectos como son análisis 5 porque, análisis de causa raíz, causa-efecto, entre otros, habitualmente son direccionados por personal de este proceso como metodologías reactivas. Pero un proceso de mantenimiento clase mundo debe ir más allá, aprovechando la experiencia ganada de los análisis de falla previos, se deben orientar análisis proactivos a través de árboles de falla y simulaciones que permitan predecir comportamientos de los sistemas productivos y ser más asertivos en pronósticos de producción, disponibilidad de planta, necesidades de recursos y repuestos.
- *Análisis de procesos*, un programa de eliminación de defectos busca encontrar las causas raíces de un defecto o falla identificado, las cuales en su gran mayoría se identifican como falencias en los procesos. El programa, al ser sistemático, reta de forma constante todos los procesos vinculados con mantenimiento, forzando a la mejora.
- *Información sobre infraestructura y facilidades*, una excelente gestión de información de los equipos de una planta como son datasheets, manuales y repuestos identificados disminuye la probabilidad de errores durante el desarrollo de las actividades de

mantenimiento, lo cual hace de este proceso una tarea prioritaria en las revisiones del programa.

### III. MARCO DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE ELIMINACIÓN DE DEFECTOS

La implementación del programa de eliminación de defectos requiere del uso de un recurso significativo de la organización, que estos estén alineados y que además este apalancado por la alta gerencia [2].

#### A. Actores y elementos claves para implementar un programa de eliminación de defectos [2]

##### 1) Gerente de planta

Para la implementación de cualquier iniciativa de una organización existen dos caminos: el de mayor resistencia, el cual implica iniciar por los niveles inferiores de la organización y escalar poco a poco a medida que los resultados se vayan dando, sin antes romper la inercia de toda una organización y los paradigmas existentes en esta; o el camino de menor resistencia, el cual está acompañado por la alta dirección quien direcciona todos los recursos requeridos de la organización para la ejecución del programa.

Dentro de las tareas clave del gerente de planta durante la implementación y ejecución de un programa de eliminación de defectos se encuentran:

- Tomar la decisión de implementar programas de entrenamiento en metodologías de análisis de fallas.
- Desarrollar y establecer un procedimiento o política corporativa.
- Toma el rol de champion del proceso o designa la responsabilidad dentro de la organización.
- Establece los criterios de desempeño del proceso y que se espera de este (objetivos y metas).
- Comunica a la organización sobre la importancia de la implementación efectiva del programa y adhiere soporte administrativo al proceso.

##### 2) Champion

La implementación de las tareas responsabilidad de la alta dirección no garantizan que el programa funcione, se requiere de un funcionario de nivel intermedio de la organización que comunique de forma efectiva el mensaje inicial y trabaje de forma mancomunada con el equipo para obtener el éxito de la implementación. Las tareas encomendadas al Champion del proceso son:

- Limpiar el camino para una adecuada implementación.
- Administrar y soportar el esfuerzo para la implementación del programa desde un punto de vista administrativo.
- Asegurar sistemas de soporte funcionales.
- Obtener los recursos requeridos para la implementación.
- Ser un mentor para líderes y analistas de fallas.

- Actuar como un protector del programa de quienes quieran usarlo para propósitos diferentes al de identificar defectos y eliminarlos de forma sistemática.
- Seleccionar y entrenar a los líderes de análisis de fallas que operaran el proceso.
- Desplegar y hacer seguimiento a la efectividad del programa de forma sistemática.

##### 3) Líderes de equipos

Son los responsables de ejecutar el programa, estar cerca del trabajo y liderar los equipos de trabajo quienes se reunirán, identificarán defectos que analizarán, desarrollarán hipótesis para verificar (mediante la implementación de metodologías de análisis de falla) y establecerán conclusiones del porque se desarrolla el defecto identificado. Las causas atacadas para eliminar o mitigar su riesgo asociado. De su disciplina, esfuerzo y efectividad depende en mayor medida el éxito del programa.

Las funciones más relevantes de los líderes son:

- Hacer seguimiento a la ejecución de los planes de entrenamiento.
- Verificar la disponibilidad y operatividad de todos los sistemas de soporte requeridos para la ejecución del programa. En ausencia o fallo de estos, debe notificarlo al Champion para solicitar su apoyo.
- Facilitar los equipos de análisis a través de metodologías definidas de acuerdo a los niveles de riesgo identificados en cada defecto analizado.
- Documentar de forma frecuente el desempeño del programa.
- Comunicar a la organización el desempeño del programa de eliminación de defectos.

#### B. Fases de implementación de un proceso de eliminación de defectos

Adicionalmente al apoyo de la gerencia, un equipo de trabajo comprometido y formado, implementar un programa de eliminación de defectos en una empresa también requiere de una carta de navegación clara a seguir. El proceso (ver Fig. 2) es cíclico y cuenta con varios niveles de maduración que deben cerrarse previa a una nueva iteración.

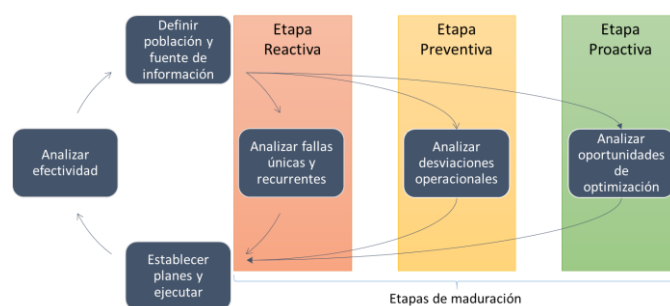


Fig. 2 Proceso de implementación de un programa de eliminación de defectos (fuente: propia)

### 1) Definir población y fuentes / necesidades de información

El primer paso en cualquiera de las etapas de madurez del programa es identificar la población objetivo (equipos, sistemas, procesos o plantas), esta corresponde al alcance del programa y centrará sus recursos haciendo más focalizado el problema. Para hacer más asertiva la definición del alcance del programa en cada ciclo, es importante disponer de datos (fallas, pérdidas de producción, costos, tiempos fuera de servicio, otros efectos) cada vez más refinados, a través de herramientas de software (bases de datos) que vayan evolucionando a la par con el proceso y mantengan un histórico útil para validar la efectividad de los planes y del programa en general.

### 2) Etapas de maduración

#### a) Reactiva

Primera etapa de un programa de eliminación de defectos, en la cual los equipos encabezados por los líderes del programa designados analizan las fallas presentadas en la población objetivo en busca de dos tipos de comportamientos:

- *Fallas únicas*, son fallas de baja frecuencia de ocurrencia, pero de alto impacto en consecuencia, al tratarse de eventos que están fuera del rango de tolerancia de la organización deben ser atendidas con diligencia por el equipo ya que escalan a niveles muy altos de la organización. No son fácilmente predecibles y los planes de acción deben ser muy asertivos pues nuevas ocurrencias de este tipo de eventos restan credibilidad y apoyo al programa y al equipo de trabajo con la gerencia.
- *Fallas recurrentes*, son fallas de alta frecuencia de ocurrencia y bajo impacto en consecuencia, corresponden a los eventos que día a día ocurren en la operación y cuya información no supera los niveles operativos de la organización. Deben ser analizados y registrados para seguimiento, periódicamente el equipo de trabajo debe analizar la información registrada para identificar variaciones en patrones de comportamiento o nuevos elementos para analizar.

En esta etapa se utiliza como principal herramienta el análisis de causa raíz, las causas identificadas deben ser registradas en la base de datos del programa para alimentar las siguientes etapas del proceso. Los equipos de trabajo deben orientar sus esfuerzos a las victorias tempranas “quick wins”, ya que mejoraran el respaldo al programa por parte de la gerencia.

#### b) Preventiva

Cuando se encuentre establecida y verificada la primera etapa del programa, se realizan análisis preventivos a la operación de los equipos, donde con base a un conocimiento previo de sus ventanas operativas se establezcan acciones que disminuyan la probabilidad de ocurrencia de falla de estos.

La principal herramienta en esta etapa es el análisis operacional, donde la interacción de los equipos de operación y mantenimiento debe ser mucho mayor que en la etapa correctiva.

#### c) Proactiva

Esta etapa es la encargada de identificar oportunidades de ahorro para el negocio a través de optimización de los procesos, identificando desperdicios de energía o producto en los procesos, sistemas con redundancias excesivas, tareas de mantenimiento redundantes o muy frecuentes, entre otros.

En esta etapa se consideran herramientas como diagramas de bloques de confiabilidad (RBD), ejercicios de optimización de estrategias de mantenimiento, análisis de variables operativas y de costos que permitan identificar desperdicios de energía o producto. El resultado de estos análisis permite encontrar defectos/desperdicios que no son tan evidentes en operación normal y que impactan de forma significativa los costos de operación de la planta.

### 3) Establecer planes y ejecutar

Las acciones identificadas por los equipos del programa deben entrar en seguimiento y asegurar su ejecución, los líderes de proceso deben realizar las siguientes actividades:

- Con apoyo del champion, asegurar los recursos necesarios para la ejecución de los planes de eliminación de defectos identificados.
- Asegurar repositorio de información donde se consigne la trazabilidad de las acciones.
- Realizar seguimiento periódico junto con los responsables, sobre el estado y avance de los planes de acción.

### 4) Analizar efectividad

Ejecutados los planes de acción, estos deben someterse a evaluación de su efectividad a fin de validar aspectos como: reducción en las tasas de falla y los impactos de estas en los equipos o sistemas analizados, verificación de las pérdidas o desperdicios ahorrados, desviaciones de proceso identificadas y corregidas, así como el riesgo potencial que estas implicaban.

Toda esta información debe ser registrada de forma periódica para disponer de esta para futuros análisis, así como para generar un repositorio de información de fallas y soluciones de la planta para futuras consultas.

### C. Uso de sistemas de información para mejora de toma de decisiones

La ejecución de un programa de eliminación de defectos genera grandes volúmenes de información que requieren ser almacenados de forma estructurada y organizada para su análisis. De acuerdo con la norma ISO 14224:2016, los datos

recolectados deben cumplir cinco condiciones para considerarse de calidad, estos son:

- Integridad de los datos.
- Cumplimiento de parámetros de confiabilidad, tipos de datos y formatos específicos.
- Precisión en la entrada, transferencia, manipulación y almacenamiento de los datos.
- Suficiente población y periodo de evaluación para dar confianza estadística.
- Relevancia de los datos de acuerdo con la necesidad del usuario.

De igual forma, la norma recomienda realizar un levantamiento mínimo de información el cual corresponde a los siguientes campos:

#### 1. Identificación

- Código único identificador de la falla.
- Equipo fallado y locación de operación.

#### 2. Datos de falla

- Fecha de falla.
- Modo de falla.
- Impacto de la falla en la función del equipo.
- Condición operativa a la falla.

Esta información es muy útil cuando se desean realizar análisis de tasas fallas o se desea optimizar estrategias de mantenimiento, sin embargo, hay muchos más datos que se pueden registrar y que de acuerdo con el interés y nivel de madurez de la organización se pueden realizar trazabilidad. La habilidad de la organización y del equipo del programa en definir las necesidades de datos hará más o menos eficiente al programa.

#### IV. CASO PRÁCTICO: RESULTADOS DE UNA IMPLEMENTACIÓN EN UN CAMPO DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO

El caso práctico que se presenta en este artículo corresponde al proceso de implementación de la metodología descrita en dos áreas focales y de gran visibilidad en un campo de producción de petróleo en Colombia. Las áreas participantes (integridad de equipos estáticos y redes eléctricas) desarrollaron un proceso de maduración de aproximadamente 3 años. Durante estos tres años pasaron de una etapa de análisis reactivo donde se analizaban eventos puntuales o fallas crónicas del sistema, a analizar oportunidades de optimización tecnológica y de proceso. A continuación, se describen las estadísticas más relevantes en la evolución de estas áreas:

##### 1) Integridad en líneas de sistemas de recolección de flujo

El principal mal actor identificado por el área de integridad fueron las líneas del sistema de recolección de flujo, donde desde el año 2014 se realizó seguimiento a las pérdidas de

producción causadas por las pérdidas de contención no deseadas. Las primeras acciones implementadas correspondieron a atacar mecanismos de falla evidentes que durante el primer año permitieron reducir un 35,4%.

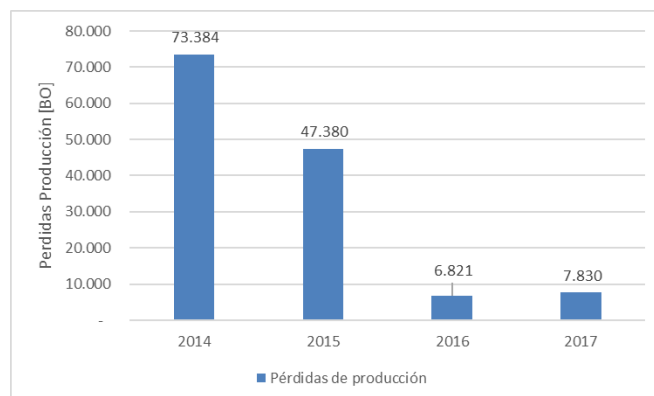


Fig. 3 Pérdidas de producción por fallas en sistemas de recolección

Debido al análisis operacional realizado al sistema de recolección del campo, durante el segundo año se identifica un modo de falla oculto, el cual es atacado mediante un plan de integridad específico. La implementación de este plan permite reducir un 85,6% de las pérdidas de producción por este mal actor entre los años 2015 y 2016.

Finalmente, para el año 2017 las pérdidas de producción causadas por pérdidas no deseadas en líneas de recolección se mantuvieron en valor similar al del año 2016, el cual fue considerado como tolerable para la organización.

##### 2) Redes eléctricas

El área de redes eléctricas del campo identificó varios focos de trabajo para optimización de pérdidas de producción. Estos elementos corresponden a aquellas causas que mayor cantidad de pérdidas generaron al sistema eléctrico del campo.

La identificación se realizó fácilmente gracias al desarrollo de una base de datos que permitió registrar datos como: circuitos, causas, pérdidas de producción, ubicaciones geográficas de las fallas, entre otros.

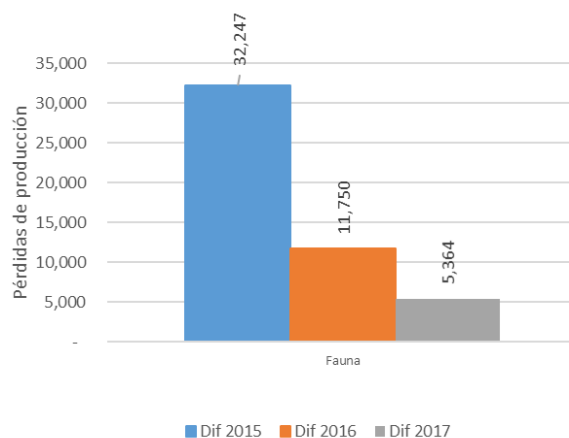


Fig. 4 Pérdidas de producción por pérdidas debido a fauna

## AUTOR

El caso más relevante del área de redes eléctricas corresponde a la disminución de fallas por contacto de fauna con los circuitos, la implementación sistemática y rigurosa del plan de trabajo permitió la reducción de pérdidas por contactos por fauna, donde se presenta una reducción de 32.247 BIs en el 2015 a 11.750 BIs (-63,6%) en 2016 y 5.364 BIs en 2017 (-54,35%).

Camilo Baez, Profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad por la SMRP. Actualmente líder de confiabilidad de la empresa Confipetrol SAS sucursal Colombia. Su desarrollo profesional ha estado orientado a la evaluación, implementación, seguimiento y optimización de modelos de gestión de mantenimiento, escalables de acuerdo con el nivel de madurez de cada cliente y orientados a la eficiencia operativa.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La implementación efectiva de un programa de eliminación de defectos permite mejorar a todo nivel la gestión no solo del departamento de mantenimiento de una compañía, sino de la compañía en sí, repercutiendo directamente en los costos, disminución de pérdidas de producción y desperdicios.
2. Para implementar un programa de eliminación de defectos en una compañía se pueden tomar dos caminos: el difícil, partiendo desde la base de la organización y mostrando pequeños resultados para ir ganando poco a poco adeptos que ayuden a sostener y operar el programa, o la forma más efectiva, obteniendo el apoyo de la alta gerencia comprometiendo una promesa de valor con la implementación de este, a cambio de los recursos necesarios para su desarrollo.
3. La implementación de un programa de eliminación de defectos es incremental, procurando en cada iteración abordar las victorias tempranas “quick wins” para mantener el apoyo de la alta gerencia y los equipos de trabajo.
4. Operar de forma rigurosa un programa de eliminación de defectos, asegurando la ejecución de todas las etapas presentadas, harán que la organización obtenga resultados realmente importantes, generando casos de éxito y motivando a las demás áreas del negocio a “meterse en la ola de la optimización”.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Ammerman, The Root Cause Analysis Handbook: A Simplified Approach to Identifying, Correcting and Reporting Workplace Errors, New York: Productivity Press, 1998.
- [2] R. J. Latino, Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom-Line Results, Boca Raton: CRC Press, 2002.
- [3] J. D. Campbell y J. V. Reyes-Picknell, Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management, Productivity Press, 2015.