

El mantenimiento en la refinación de petróleo

Por Pablo Giaquinta,
Refinería La Plata de Repsol YPF

¿Qué cambios se han producido en el Mantenimiento en la refinación a partir de la desregulación e internacionalización de la industria del petróleo y la necesidad de lograr una mayor competitividad?

La idea general de Mantenimiento ha cambiado, ya que en la actualidad es considerada como "un área estratégica de Negocio" y no como "un centro de costo", y la misma tiene una participación muy importante en el éxito de una industria de Refinación de petróleo.

Otros cambios tienen que ver con la utilización de equipamientos de alta complejidad, aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento y nuevos enfoques de organización y gestión que no sólo le dan importancia a los aspectos de costos, sino que también están comprometidos con la seguridad, el medio ambiente, la calidad de los productos y la disponibilidad de las instalaciones.

Estos cambios hacen indispensable una transformación cultural, de actitud, de conocimientos, de habilidades en todo el personal de mantenimiento, tanto operativo como gerencial, debiendo los mismos cambiar sus formas

de pensar y actuar a fin de adaptarse a una industria cada vez más competitiva. Es por todo lo indicado, que el personal encargado de mantenimiento debe estar buscando constantemente el camino más apropiado hacia la mejora continua, aplicando las mejores estrategias para conseguir un modelo de mantenimiento que sea adecuado a los nuevos avances y que le reporte la mayor utilidad posible a su compañía. La evolución del Mantenimiento se puede sintetizar de la siguiente forma:

- **Primera Generación:** hasta la Segunda Guerra Mundial, la maquinaria era sencilla, se reparaba en caso de avería, no eran necesarios sistemas complejos de mantenimiento y no se requería personal altamente cualificado.
- **Segunda Generación:** desde la Segunda Guerra Mundial hasta los años setenta, equipos cada vez más complejos, disminución de tiempos improductivos, aparición del mantenimiento preventivo a intervalos fijos y la aplicación de sistemas de control y planificación para bajar los costos.
- **Tercera Generación:** en este momento, por un lado crecen "las expectativas", a saber, disminuir al máximo los períodos improductivos (mayor disponibilidad y fiabilidad), aparición del concepto "justo a tiempo" con la consiguiente reducción de los niveles de stock por lo que las averías pasan a ser muy importantes, aumento de la calidad de los productos, minimizar las consecuencias que los fallos puedan tener sobre la se-

El mantenimiento en la refinación de petróleo tiene características particulares y en los últimos tiempos ha sufrido importantes cambios que lo han convertido en un área estratégica del negocio. ¿Qué cambios se han producido? ¿Qué tecnologías se han incorporado? ¿Hacia dónde apuntan los nuevos desarrollos en este campo?

Las que siguen son las respuestas a un cuestionario elaborado por la redacción de *Petrotecnia* efectuadas a Pablo Giaquinta, ingeniero de mantenimiento de la Refinería La Plata de Repsol YPF.

guridad de las instalaciones, personas o el medio ambiente, obtener el más bajo costo sostenible en el tiempo; todas estas expectativas tienen una alta demanda en la función del mantenimiento. Por otro lado las "nuevas investigaciones" acerca de los fallos han demostrado que los mismos no ocurren sólo por envejecimiento, sino que existen seis diferentes modos de fallos, y esto también ha causado un cambio profundo de la función de mantenimiento. Por último se ha producido un cambio en los "conceptos y técnicas" de mantenimiento, entre los cuales podemos mencionar: técnicas de monitoreo de condición, sistemas expertos, técnicas de gestión de riesgos, análisis de modo de fallo y efecto, fiabilidad, mantenibilidad, etc. Lo importante es tener personal altamente cualificado y elegir adecuadamente qué cosas utilizar para mejorar nuestra compañía e incluso bajar sus costos de una manera continua y sostenible en el tiempo.



¿Qué grado de importancia tiene la aplicación del mantenimiento predictivo en la refinación?

La necesidad continua de prevenir cierto tipo de fallos y la incapacidad de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado nuevos tipos de prevención de fallos. Estas técnicas se basan en que la mayoría de los fallos dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como **"fallos potenciales"**, y se definen como **las condiciones físicas identificables que indican que va ocurrir un fallo funcional o que está en el proceso de ocurrir.**

Estas técnicas se conocen como tareas a **condición**, porque los elementos se dejan funcionando a **condición de que** continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Las técnicas de **"a condición"** son una buena forma de prevenir los fallos funcionales y por lo tanto minimizar la aparición de averías no deseadas, que cuando no están planificadas y programadas, por lo general son muy costosas.

El mantenimiento **"a condición"** está basado en el hecho de que un gran número de fallos no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan a través de un período de tiempo. Si tenemos evidencia de que este proceso de fallo ha comenzado, se dispone de la posibilidad de tomar medidas para prevenir el fallo y evitar las consecuencias.

Como ejemplos de fallos potenciales podemos citar:

- puntos calientes en el refractario de un horno
- vibraciones que indican el fallo inminente de un rodamiento
- grietas que indican fatigas de un metal
- partículas en el aceite de una caja de engranajes o rodamientos
- puntos calientes en un contacto eléctrico
- disminución del espesor de una tubería

Las tareas **"a condición"** consisten en chequear los equipos si están fallando, de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para **prevenir el fallo funcional o para evitar las consecuencias** de los mismos.

Las tareas **"a condición"** se denominan así porque los elementos que se chequean se dejan en servicio a **condición de que** continúen desempeñando satisfactoriamente las funciones encomendadas.

Se deben considerar dos aspectos distintos al ocuparse del mantenimiento **"a condición"**. El primero es el **fallo potencial en sí**. El segundo es el **tiempo** de preaviso dado por el fallo potencial, el cual se llama intervalo P-F. El **intervalo P-F es el tiempo transcurrido entre un fallo potencial y su empeoramiento hasta que se convierta en un fallo funcional.**

Para los diferentes modos de fallo este lapso varía entre fracciones de segundo y varias décadas.

El intervalo P-F es importante porque determina con qué frecuencia debemos comprobar la posible existencia de fallos potenciales.

Por lo tanto, la frecuencia de una tarea a condición está gobernada por el intervalo P-F.

Tener en cuenta que el fallo potencial marca el punto en que es posible detectar el proceso de fallo, el cual no es necesariamente el punto en que se detectará. Este último depende de la frecuencia con que realicemos la tarea a condición.

Esta distinción lleva a la idea del **intervalo P-F neto**, siendo éste el intervalo mínimo que es probable que transcurra entre el **descubrimiento** de un fallo potencial y cuando ocurre el fallo funcional.

El período P-F neto es importante porque determina el período de tiempo disponible:

- para planificar la acción correctora de manera que se pueda llevar a cabo sin afectar a la producción (de ser posible) y sin estorbar las otras actividades de mantenimiento
- para organizar los recursos (personal y repuestos necesarios) precisos para corregir el fallo.

Si el intervalo P-F es demasiado corto para poder realizar trabajos significativos, entonces está claro que la tarea a condición no es técnicamente factible.

En cambio los intervalos P-F más largos son más convenientes por las siguientes razones:

- se precisan menos inspecciones a condición
- hay más tiempo para planificar al personal y los materiales necesarios para corregir el fallo potencial
- es más fácil planificar la corrección del fallo potencial sin que afecte a las otras actividades de mantenimiento
- es más fácil planificar la corrección del fallo potencial en un momento que encaje convenientemente para no afectar la producción.

En los casos de P-F muy cortos y que tengan consecuencias importantes en la seguridad, medio ambiente u operacionales, se recomienda utilizar sensores para monitorear la condición en forma continua.

Las tareas **"a condición"** son técnicamente factibles si:

- hay una clara condición de fallo potencial
- el intervalo P-F es razonablemente consistente
- el intervalo P-F es suficientemente largo para realizar alguna acción
- es práctico chequear a intervalos menores que el intervalo P-F

Las principales **categorías** de las técnicas a condición son las siguientes:

- técnicas de **"monitoreo de la condición"**
- técnicas que detectan los fallos potenciales

en base a las variaciones en la **calidad del producto**

- técnicas de **monitoreo de los efectos primarios**
- técnicas de chequeo basadas en el **sentido humano**: mirar, oír, tocar y oler.

Monitoreo de la condición: es el uso de equipos especiales para chequear la condición de otros equipos.

Son versiones altamente perceptivas de los sentidos humanos a través de la utilización de equipos especiales. Sin embargo, una limitación importante es que chequea solamente una condición. Por ejemplo, un analizador de vibración solamente inspecciona la vibración y no puede detectar productos químicos ni cambios de temperatura.

Algunos de estos equipos pueden ser usados por operarios semicualificados y otros precisan técnicos altamente formados.

El monitoreo de la condición abarca varios tipos de técnicas diferentes, entre los cuales podemos mencionar a modo de ejemplo: vibraciones, termografía, ultrasonido, análisis físico-químico de aceites, magnaflux, rayos X, tintas penetrantes, etc.

Variación de la calidad del producto: una importante fuente de datos sobre fallos en potencia es la función de control de calidad del producto. Con frecuencia un defecto en la calidad de un producto está relacionada directamente con un defecto del equipamiento utilizado para producirlo.

Monitoreo de los efectos primarios: los efectos primarios (velocidad, caudal, presión, temperatura, potencia, corriente, etc.) son una fuente más de información sobre la condición del equipo.

Lo esencial de esta técnica es que está basada en la detección, el registro e interpretación de los cambios en los efectos primarios.

El sentido humano: las mejores técnicas de monitoreo de la condición son las que están basadas en el sentido humano: mirar, oír, tocar y oler.

Cuando el intervalo P-F es muy corto el monitoreo debe ser continuo, pero las técnicas de monitoreo en línea con equipos especiales, si bien suelen ser factibles técnicamente, a menudo son demasiado caras para que se justifiquen por las consecuencias del fallo que han de prevenir.

Se pueden utilizar especialistas de mantenimiento para realizar estos chequeos, pero también resulta impráctico por las siguientes razones:

- si el intervalo P-F es corto, la frecuencia de monitoreo será muy alta, a veces más de una vez por turno. Esto puede dar lugar a tantas tareas de alta frecuencia que los especialistas no hacen más que pasar de un chequeo al siguiente. El tiempo empleado en los desplazamientos, más el coste de la

planificación y el control de los chequeos, hace muy caro el uso de los especialistas para este propósito

- los especialistas altamente adiestrados encuentran aburridos los chequeos de alta frecuencia y se muestran generalmente reacios a realizarlos
- los especialistas altamente adiestrados en general son escasos y disponen de mínimo tiempo para dedicar a este tipo de chequeos.

La mejor opción es pedir a los operadores que realicen los chequeos de alta frecuencia. Por un lado se encuentran cerca de los equipos, hecho que lo hace más económico y fácil de ejecutar. Sin embargo, para que los operadores realicen estos chequeos se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- que hayan recibido una formación adecuada que les permita reconocer las condiciones que han de diagnosticar
- que tengan acceso a procedimientos sencillos y fiables para la comunicación de cualquiera de los problemas que encuentren
- que sepan con una seguridad razonable que se tomarán las medidas necesarias a raíz de sus informes, o que recibirán una respuesta constructiva en caso de un diagnóstico equivocado.

Las tareas a condición deben satisfacer los criterios siguientes para que se justifique su aplicación:

- si el fallo es **oculto**, no tiene consecuencias directas. Una tarea a condición encaminada a la prevención de un fallo oculto debería, entonces, reducir a un nivel aceptable el riesgo de un fallo múltiple. Además si el intervalo P-F es muy corto, suele resultar difícil encontrar una tarea a condición técnicamente factible y a la vez económicamente práctica para una función oculta
- si el fallo supone consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, sólo merece la pena realizar una tarea a condición si reduce a un nivel aceptable la probabilidad de fallo funcional. En particular, la tarea debe prevenir con suficiente antelación el fallo para que se pueda tomar a tiempo la acción necesaria para evitar las consecuencias del mismo
- si el fallo no afecta a la seguridad o medio ambiente, la tarea debe justificarse

económicamente, de modo que el coste de realizar la tarea a condición debe ser menor que el de no realizarla. La cuestión económica se aplica a fallos con consecuencias operacionales y no operacionales de la siguiente manera:

- si el fallo tiene consecuencias **operacionales**, el coste de la tarea a condición a través del período de tiempo debe ser menor del coste de estas consecuencias (pérdida de producción, pérdida por pobre calidad, etc.) más los costes de reparación durante el mismo período
- el único coste de un fallo funcional que tiene consecuencias **no operacionales** es el de la reparación, por lo tanto se justifica una tarea a condición si cuesta mucho más reparar el fallo funcional que el fallo potencial, especialmente si aquél causa daños secundarios.

¿Se han incorporado nuevas tecnologías en la aplicación del mantenimiento en los últimos años? ¿Cuáles?

En Refinación se están aplicando mejoras tecnológicas día a día, con el objeto de incrementar la disponibilidad y fiabilidad de las instalaciones operativas.

Entre algunas de estas nuevas tecnologías podemos indicar las siguientes:

- lubricación por niebla de rodamientos de bombas y cajas reductoras
- transmisores electrónicos inteligentes
- variadores electrónicos de velocidad en turbinas
- variadores electrónicos de velocidad en motores eléctricos
- instalación de monitoreo en línea Bentley Nevada en equipos dinámicos críticos, de alta complejidad o alto coste de reparación
- aplicación de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (máximo en nuestro caso)
- aplicación de técnicas FTA (Árbol de Análisis de Fallos), para encontrar causa raíz
- aplicación de técnica AMFE (Análisis de Modo de Fallo - Efecto), aplicado antes de la aparición del fallo, para detectar los diferentes modos de fallos, sus consecuencias y la manera más apropiada para prevenirlos
- aplicación de tareas a condición para prevenir los fallos y sus efectos, tales como: vibraciones, análisis de aceite, infrarrojo, termografía, ultrasonido, tintas penetrantes, RX, etc.

• certificación Normas ISO

9000/14000, lo que significa que las tareas de mantenimiento están bajo "Procedi-

mientos o Instructivos" para asegurar que las actividades se hacen una sola vez y bien, debiendo llevar **evidencias objetivas** (registros) de su cumplimiento

- elaboración de un **Plan Sistemático de Mantenimiento Preventivo** a intervalos fijos y a condición de que sea de fácil trazabilidad y seguimiento para las distintas especialidades: dinámicos, estáticos, eléctricos e instrumental
- establecer criterios de criticidad del equipamiento y fijar en función de ello las estrategias de mantenimiento y el stock de repuestos mínimos
- utilización de **Paretos**, por ejemplo, Número de Fallos respecto a Coste de Incidentes.

¿Hacia dónde apuntan los nuevos desarrollos del Mantenimiento en la Refinación?

En la actualidad se cuentan y aplican una serie de **indicadores**, los cuales nos permiten observar cuál es la situación actual de mantenimiento y a través de su seguimiento ver la tendencia de los mismos.

Entre los indicadores más relevantes podemos indicar los siguientes:

- **Índice Solomon de mantenimiento**, que es la relación entre los costos totales de mantenimiento respecto al EDC, siendo el EDC la capacidad máxima de refinación del complejo, que es un factor que calcula Solomon y que tiene en cuenta, entre otras cosas, la complejidad y la antigüedad de las Unidades Operativas
- **Índice de mantenimiento de Repsol**, que es la relación entre los costos totales de mantenimiento respecto al Valor de Reposición de las Unidades Operativas
- **Índice de disponibilidad** de las Unidades Operativas, que es la relación del tiempo en que la Unidad está disponible respecto del tiempo total del período considerado
- **MTBF** (Tiempo medio entre fallos), que es una medida indirecta de la fiabilidad del equipamiento considerado
- **MTTR** (Tiempo medio para reparar), que es una medida indirecta de la disponibilidad del equipamiento considerado
- **Índice de emergencia**, que es la relación entre NOT's con Prioridad 0 (Ejecución inmediata) y el total de NOT's emitidas
- **Índice de cumplimiento preventivo**, que es la relación del total de NOT's preventivas terminadas respecto del total de NOT's preventivas emitidas.

Es muy importante medir, comparar con otras empresas similares y proponer estrategias que permitan el progreso, erradicando **los malos actores** y asegurando su ubicación entre los más competitivos del mercado. Esta es la única forma de estar transitando por el camino de "la mejora continua".