



Application Note AN-PAN-1032

# Supervisión de la corrosión en centrales eléctricas con análisis de procesos en línea

Faster ultratrace measurements of iron (Fe) and copper (Cu)

La corrosión en el circuito de agua-vapor de las centrales eléctricas reduce la vida útil de la mayoría de los componentes metálicos y puede dar lugar a situaciones potencialmente peligrosas. La corrosión acelerada por flujo (FAC) conduce a tuberías delgadas y concentraciones elevadas de hierro en el circuito. Además, los problemas de transporte de metales,

como el cobre de los «intercambiadores de calor de cobre», pueden provocar la deposición en los álabes de la turbina de alta presión. Los métodos actuales pueden monitorear estos problemas pero no pueden prevenirlos ya que los tiempos de análisis son extremadamente largos (hasta tres semanas). Esta nota de aplicación de proceso detalla el análisis

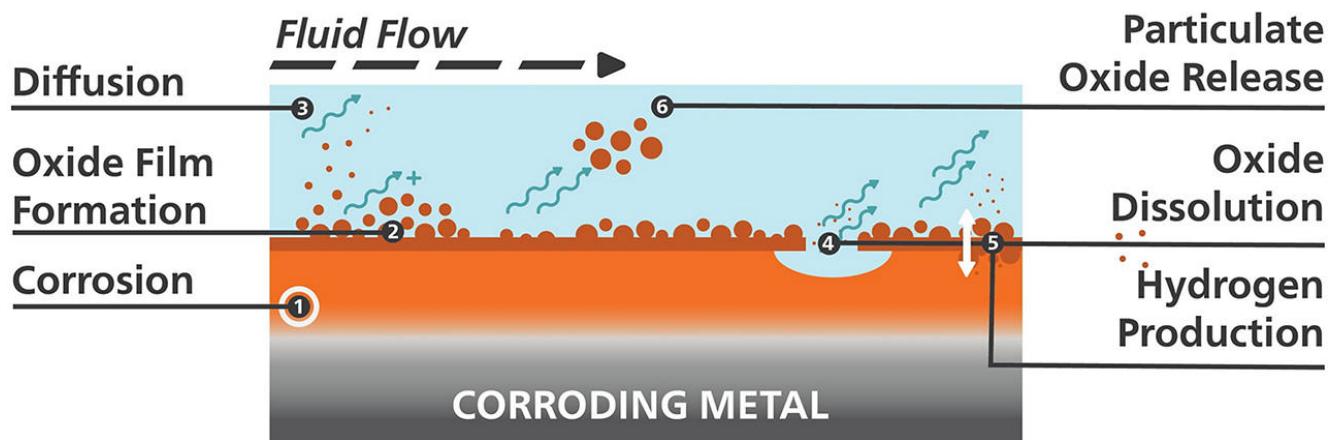
de ultratrazas en línea de hierro y cobre en centrales eléctricas. Este método ofrece resultados en 20 minutos, lo que significa tiempos de respuesta más rápidos para lecturas fuera de especificación. En combinación con el Sistema de control distribuido (DCS) de la planta de energía, el monitoreo en línea

de estos analitos mediante un analizador de procesos garantiza que la corrosión se pueda controlar antes de que afecte la eficiencia de la planta de energía, lo que en última instancia reduce el tiempo de inactividad y los costos de mantenimiento.

## INTRODUCTION

La corrosión es la causa principal de las críticas y costosas interrupciones que se producen en la actividad de las centrales eléctricas. Los circuitos de agua-vapor en centrales nucleares y térmicas son propensos a la corrosión, ya que se tratan de componentes metálicos que están en contacto constante con el agua. La corrosión reduce la vida útil de las tuberías de acero al carbono y los intercambiadores de calor de cobre (Cu), entre otros problemas. A altas temperaturas, el vapor reacciona

con el hierro (Fe) del acero al carbono de las calderas de vapor y forma una fina capa de magnetita ( $Fe_3O_4$ ) o hematites ( $Fe_2O_3$ )—la forma depende de los niveles de oxígeno presentes—que pasiva y protege la superficie contra una mayor corrosión (reacción de Schikorr). Bajo **flujo turbulento** condiciones, puede ocurrir corrosión acelerada por flujo (FAC) en la que la capa inhibidora de magnetita (o hematita) se desprende, lo que lleva a concentraciones elevadas de Fe en el circuito de agua-vapor (Figura 1).



**Figure 1.** Diagrama de procesos que ocurren durante la corrosión acelerada por flujo. Adaptado de [1].

El metal subyacente se corroe para volver a crear el óxido y, por lo tanto, continúa la pérdida de Fe, lo que podría provocar una falla catastrófica en la tubería. En las centrales eléctricas que utilizan tubos intercambiadores de calor de aleación de Cu en el sistema de condensado, la corrosión y el transporte del Cu también son un problema, lo que lleva a la deposición de Cu en los álabes de las turbinas de alta presión y a la pérdida de rendimiento. La corrosión y el transporte de metales aumentan con la potencia de salida por encima de un cierto umbral y, por lo tanto, también lo hace la deposición en las turbinas. Considerando hasta un 10 % de pérdida de eficiencia de los álabes de la turbina, la potencia de salida seguirá siendo la misma, pero se debe consumir un 10 % más de energía y, a medida que aumenta el caudal, también aumenta la corrosión.

Determinar la potencia de salida óptima con un FAC mínimo es importante no solo para ahorrar costos

sino también para la seguridad de los trabajadores. Los métodos actuales controlan el grosor de las paredes de las tuberías, pero no pueden hacer nada para evitar un mayor adelgazamiento debido a la corrosión. Si la planta de energía se apaga para limpiarla y se reinicia sin tener en cuenta el umbral de corrosión determinado por la potencia de salida, las turbinas pueden obtener depósitos de metal casi de inmediato, perdiendo eficiencia y dinero hasta el próximo período de mantenimiento programado. El muestreo de productos de corrosión (CPS) es una métrica clave en el monitoreo del rendimiento de la química del ciclo, ya que la corrosión puede ocurrir en cualquier momento debido al contacto continuo entre las partes metálicas y el agua. Mantener un buen programa de química del ciclo es mucho más fácil y menos costoso que tomar acciones correctivas como resultado de un programa inadecuado.

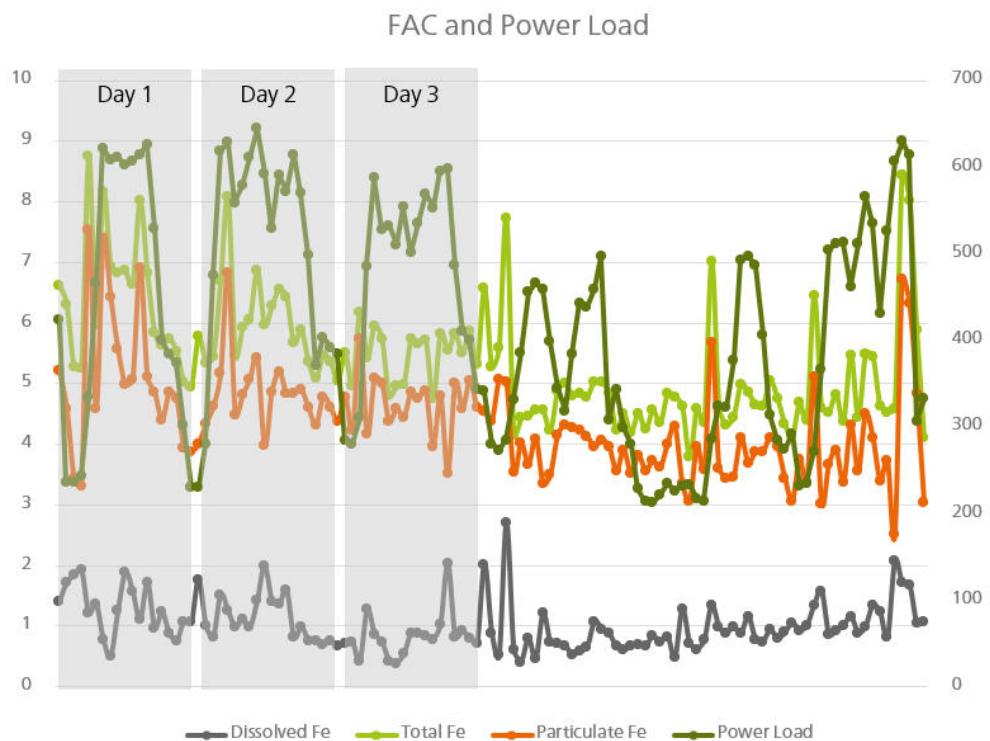
Actualmente, el transporte de metales en los circuitos de agua de las plantas de energía es monitoreado por bastidores CPS que recolectan metales particulados en almohadillas de filtro durante un período de un día a una semana. Posteriormente, las almohadillas se digieren y los metales se analizan mediante ICP-OES o ICP-MS. El tiempo total de análisis puede tomar de una a tres semanas. Monitorear solo los productos de corrosión acumulados provoca una pérdida de picos de transporte y se pierde información detallada sobre por qué ocurrió la pérdida de metal. El Electric Power Research Institute (EPRI) recomienda un máximo de 2  $\mu\text{g/L}$  Fe para evitar problemas relacionados con FAC en el circuito de agua y vapor, y estos niveles no se miden con precisión con los bastidores CPS actuales, como se ve en comparaciones a largo plazo.

El análisis continuo de ultratrazas en línea de Fe y Cu en el circuito de agua-vapor de las centrales eléctricas es posible utilizando el **Analizador de procesos 2060** (**Figura 2**) de Metrohm Process Analytics. Este sistema automatizado de análisis de procesos permite la detección temprana de picos y procesos de corrosión, y también monitorea la formación y destrucción de la capa protectora de óxido (**figura 3**). Los análisis continuos también señalan un problema antes de que los metales disueltos puedan llegar a la corriente de condensado y, por lo tanto, a las palas de la turbina, donde podrían causar daños. En combinación con el Sistema de control distribuido (DCS) de la planta de energía, el monitoreo en línea de Fe y Cu garantiza que la corrosión se pueda controlar antes de que afecte la eficiencia de la planta de energía, lo que en última instancia reduce el tiempo de inactividad y los costos de mantenimiento.



---

**Figure 2.** 2060 Process Analyzer para mediciones fotométricas de ultratrazas de hierro y cobre en el circuito agua-vapor de centrales eléctricas.



**Figure 3.** Datos obtenidos de un analizador de procesos Metrohm en una planta de energía, utilizados para monitorear el hierro disuelto, total y particulado (en  $\mu\text{g/L}$ ), contra la carga de energía (MW).

## APPLICATION

El contenido de hierro y cobre se determina mediante la digestión ácida de la muestra, seguida de una determinación fotométrica utilizando TPTZ y bicinconinato como reactivos de color, respectivamente, utilizando el **Analizador de procesos 2060** de Metrohm Process Analytics (Figura 2).

Complejos metálicos como magnetita, hematita, óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e hidróxido de hierro ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) se disocian en sus formas disueltas utilizando ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). El tiempo total de análisis es de 20 minutos.

**Tabla 1.** Parámetros a monitorear en el circuito agua-vapor de centrales eléctricas.

Analito	Concentración ( $\mu\text{g/L}$ )
Fe(II, III) y $\text{Fe}(\text{OH})_2$	0–10
Fe total	0–10
cobre	0–11

Este analizador está construido en base al documento de orientación técnica de la Asociación Internacional para las Propiedades del Agua y el Vapor: Muestreo y análisis de productos de corrosión para plantas de ciclo combinado y fósiles [2]. Los rangos enumerados anteriormente (**tabla 1**) suelen ser muy bajos y es posible que no reflejen los valores esperados debido a que los bastidores CPS no pueden medir con la misma precisión.

Se espera que muchas plantas de energía presenten actualmente niveles mucho más altos de Fe y Cu

disueltos en el circuito de agua-vapor, lo que causa problemas. Por este motivo, los rangos de medición de los metales disueltos se pueden ampliar fácilmente.

Otras aplicaciones en línea están disponibles para plantas de energía tales como: calcio y sulfato en lavado de gases de combustión, ácido bórico en el circuito de agua primario, concentración de amina y CO<sub>2</sub> carga, sílice en el agua de alimentación de calderas y más.

## FURTHER READING

### Documentos de solicitud relacionados

[WP-076: Analizadores de proceso como soluciones proactivas para el monitoreo de corrosión en línea](#)

[AN-PAN-1045: Monitoreo en línea de inhibidores de corrosión de cobre en agua de refrigeración](#)

## BENEFITS FOR PHOTOMETRY IN PROCESS

- **Protección de los activos de la empresa.** con alarmas integradas en los límites de advertencia especificados para evitar la corrosión

- **Entorno de trabajo más seguro** para empleados (ambientes corrosivos)  
- **Garantía de cumplimiento** con las normas ambientales



## REFERENCES

1. Dooley, B.; Listero, D. Corrosión acelerada por flujo en plantas generadoras de vapor. **2018**, 51.
2. Documento de orientación técnica de IAPWS: Muestreo y análisis de productos de corrosión para plantas de ciclo combinado y combustibles fósiles  
<http://www.iapws.org/techguide/CorrosionSampling.html> (consultado el 2021-12-16)

## CONTACT

Metrohm Argentina S.A.  
Avda. Regimiento de  
Patricios 1456  
1266 Buenos Aires

info@metrohm.com.ar

## CONFIGURATION



### 2060 Process Analyzer

El 2060 Process Analyzer es un instrumento de análisis de química húmeda online que sirve para innumerables aplicaciones. Este instrumento de análisis de procesos ofrece un nuevo concepto de modularidad que consiste en una plataforma central, denominada "armario básico".

El armario básico consta de dos secciones. La sección superior contiene una pantalla táctil y un ordenador industrial. La sección inferior contiene la parte húmeda flexible donde se aloja el hardware para el análisis propiamente dicho. Si la capacidad básica de la parte húmeda no es suficiente para resolver un desafío analítico, entonces el armario básico puede ampliarse a hasta cuatro armarios más de parte húmeda para asegurar el espacio suficiente para resolver incluso las aplicaciones más difíciles. Los armarios adicionales pueden configurarse de tal manera que cada armario de parte húmeda puede combinarse con un armario de reactivos con detección de nivel integrada (sin contacto) para aumentar el tiempo de funcionamiento del instrumento de análisis.

El 2060 Process Analyzer ofrece diferentes técnicas de química húmeda: titulación, titulación Karl Fischer, fotometría, medida directa y métodos de adición de patrón.

Para cumplir con todos los requisitos del proyecto (o para satisfacer todas sus necesidades) se pueden proporcionar sistemas de preacondicionamiento de muestras para garantizar una solución analítica robusta. Suministramos prácticamente cualquier sistema de preacondicionamiento de muestras, como sistemas de refrigeración o calentamiento, reducción de presión y desgasificación, filtración, etc.