

## Análisis



SISTEMAS DE TUBERÍAS EN MINERÍA:

# Oportunidades

## de mejoras desde lo técnico

Por Magister, Ingeniero, Alejandro Badilla Bello, académico del departamento de Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del Mar.

**H**ablar de sistemas de tuberías implica abordar conceptos que varían significativamente entre industrias como la petroquímica, la energética y la minera, cada una con sus requisitos y estándares específicos. Un tema frecuente en estos sistemas es la distinción entre términos como “tubería”, “cañería” y “tubo”. En muchos casos, estas palabras se emplean de manera intercambiable, pero en realidad, cada una

tiene matices propios dependiendo del contexto industrial y la función que cumplen. Por ejemplo, en inglés se diferencian los términos “tube” y “pipe”. La palabra “tube” se traduce como “tubo” y hace referencia a un perfil cilíndrico hueco, cuyo diámetro exterior, espesor y material la definen por completo. Este término se usa principalmente con fines estructurales, como en los

pasamanos de una pasarela, o en situaciones muy específicas transportan fluidos, como los tubos de calderas o de escape. En cambio, “pipe” se traduce como “tubería” o “cañería”, términos que en español suelen ser sinónimos y describen un ducto diseñado específicamente para el transporte de fluidos. A diferencia del tubo, las tuberías o cañerías cumplen con especificaciones

**En la** ejecución de un proyecto minero que incluye sistemas de tuberías, el control de calidad **desde la construcción hasta la puesta en servicio** suele ser riguroso.

## Análisis

de diseño particulares y, cuando se emplean en sistemas industriales complejos, deben cumplir con códigos de construcción y de ingeniería específicos, como el ASME B31, que abarca distintos contextos industriales en los que es necesario construir sistemas de tuberías seguros y eficientes.

En minería, los sistemas de tuberías se utilizan con propósitos variados, como la distribución de agua de proceso, vapor, aire comprimido y productos químicos, así como el transporte de productos propios del proceso, como el concentrado de mineral o la pulpa. La selección de materiales y el código de diseño adecuado dependen del tipo de producto que se va a transportar, el contexto operacional y las condiciones de diseño, como la presión y la temperatura. En base a este código y a las necesidades definidas en la ingeniería básica, se determinan el diámetro y el material de la tubería. Los materiales comúnmente utilizados incluyen acero al carbono, acero inoxidable, polietileno de alta densidad (HDPE) y fibra de vidrio reforzada (FRP). En la ejecución de un proyecto minero que incluye sistemas de tuberías, el control de calidad desde la construcción hasta la puesta en servicio suele ser riguroso. Se supervisan

parámetros clave, como las uniones soldadas en tuberías metálicas, la correcta fusión en uniones de cañerías de HDPE y la adecuada estanqueidad entre bridas en tuberías de FRP. Estos procedimientos de control de calidad se llevan a cabo durante toda la obra para garantizar la integridad de las tuberías, y al final del proyecto se entrega un dossier que recopila toda la documentación relacionada con la calidad y la correcta ejecución de los trabajos. Este dossier es fundamental para asegurar que cada etapa del proyecto cumple con los estándares establecidos y permite

ríodos de uso, lo que hace que muchas veces sean relegados a estrategias de mantenimiento correctivo. Este tipo de enfoque no es necesariamente negativo, ya que el contexto define la estrategia de mantenimiento. Por ejemplo, en un hogar, cuando una luz se quema, la reemplazamos en ese momento, y no se considera necesario hacer un reemplazo preventivo. Sin embargo, en minería el contexto es diferente: una rotura en una tubería de agua de servicio dentro de la planta no representa el mismo riesgo que una falla en un mineroducto que atraviesa zonas cer-



Magíster, Ingeniero, Alejandro Badilla Bello, académico del departamento de Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María.

## Para gestionar estos riesgos en sistemas de tuberías, una metodología es la Inspección Basada en Riesgo (RBI, por sus siglas en inglés).

realizar un seguimiento de la calidad de los trabajos realizados. Una vez que una planta minera supera su fase inicial de operación, el mantenimiento suele enfocarse en los equipos con tiempos medios entre fallas relativamente cortas, dejando en segundo plano a los equipos estáticos, como las tuberías. Esto sucede porque los equipos estáticos suelen presentar mecanismos de daño que se manifiestan solo después de largos pe-

canas a la población. Estas situaciones no deberían gestionarse con la misma estrategia de mantenimiento, especialmente cuando están en juego la seguridad y el medio ambiente. Un ejemplo fue la rotura de una cañería en el relave de Codelco Andina hace unos años, que afortunadamente se logró controlar y se evitó un daño considerable al ecosistema. Para gestionar estos riesgos en sistemas de tuberías, una metodología es

la Inspección Basada en Riesgo (RBI, por sus siglas en inglés). RBI es un enfoque que ayuda a la toma de decisiones en la planificación y mejora de los planes de inspección, evaluando la probabilidad y las consecuencias de falla en los equipos estáticos. Su objetivo es gestionar los riesgos al identificar y mitigar las causas y efectos de posibles fallas, permitiendo clasificar los equipos según su riesgo y optimizar el alcance y la frecuencia de las inspecciones. Organismos internacionales como el API (American Petroleum Institute) han desarrollado la metodología API 580/581, orientada originalmente a la industria petrolera. Sin embargo, esta metodología puede aplicarse en otras industrias, incluida la minería, donde es crucial contar con sistemas seguros y eficientes. Las actividades de inspección no disminuyen el deterioro de las tuberías, pero sí nos permiten tener una mayor certeza sobre su estado y anticipar reparaciones cuando sea necesario. Recientemente, se han publicado normas específicas para la reparación de tuberías que ofrecen un respaldo técnico a estos procedimientos; entre ellas se encuentran las normas ASME PCC-1 y PCC-2. Estas normas son valiosas tanto para el control de calidad de los trabajos de reparación como



para la implementación de métodos específicos, muchos de los cuales no son ampliamente conocidos en la industria, pero están avalados por este organismo técnico de prestigio. Por último, cuando una tubería presenta daño o deterioro y se desea determinar si puede continuar en operación, se recurre a un análisis de aptitud para

ra. Este tipo de análisis permite mitigar riesgos al reducir la probabilidad de eventos que puedan dañar a las personas, al medio ambiente o interrumpir la operación. Se espera que la adopción de estas metodologías se extienda en la industria minera y, en general, en toda la industria nacional, impulsada por profesionales

**“Cuando una tubería presenta daño o deterioro y se desea determinar si puede continuar en operación, se recurre a un análisis de aptitud para el servicio”.**

el servicio. ASME y API han desarrollado conjuntamente la norma ASME FFS-1/API 579: Fitness for Service, que establece estudios de ingeniería para evaluar si el equipo mantiene la integridad mecánica necesaria para una operación segu-

con sólidos conocimientos en el área. Esto permitirá gestionar estos activos de manera más eficiente, fortaleciendo la competitividad de la industria a nivel mundial y contribuyendo al crecimiento industrial del país. **mch**