

Sustitución de las tuberías metálicas por plásticas en la fábrica Pedro Sotto Alba

Fernando de la Vara Garrido

fdelavara@ismm.edu.cu

Eduardo Córdova Hernández

Universidad de Moa (Cuba)

Resumen: Se analizó la sustitución de las tuberías metálicas de la planta de lixiviación de la fábrica Pedro Sotto Alba, las cuales ocasionan grandes pérdidas económicas a la empresa, por las frecuentes averías, así como la contaminación del medio ambiente por los derrames del producto durante las averías. El empleo de métodos cualitativos y cuantitativos permite demostrar el alto nivel de efectividad de las tuberías plásticas. Los resultados de la investigación muestran los impactos positivos sobre la economía y el medio ambiente, así como el incremento de la seguridad operacional de la obra y del personal de mantenimiento de la planta de lixiviación.

Palabras clave: tuberías plásticas; tuberías metálicas; tuberías PEX; transporte de colas; licor ácido; averías.

Replacement of metallic pipes with plastic pipes at the Pedro Sotto Alba factory

Abstract: The replacement of the metallic pipes of the leaching plant of the Pedro Sotto Alba factory was analyzed, which cause great economic losses to the company, due to frequent breakdowns, as well as environmental contamination due to product spills during breakdowns. The use of qualitative and quantitative methods allows to demonstrate the high level of effectiveness of plastic pipes. The results of the investigation show the positive impacts on the economy and the environment, as well as the increase in the operational safety of the work site and the maintenance personnel of the leaching plant.

Keywords: plastic pipes; metal pipes; PEX pipes; queue transport; sour liquor; breakdowns.

Introducción

El transporte de pulpas mineras en los procesos de lixiviación ácida, de la industria del níquel en Cuba, requiere de un proceso de renovación de los sistemas de conducción metálicos que se emplean actualmente, más de 60 años de explotación, por tuberías plásticas que poseen mayores niveles de resistencia y otras propiedades como bajo costo, más flexibles, bajo niveles de incrustación, tiempo de instalación menor y mayor seguridad de operación.

Las tuberías metálicas existentes en las diferentes plantas del proceso minero metalúrgico de la empresa Moa Nickel S.A Pedro Sotro Alba, poseen un alto grado de deterioro por corrosión externa y de sedimentación interna, lo que causa la pérdida de capacidad de conducción del fluido, así como se incrementa la probabilidad de fallas de las tuberías por la existencia de grietas y perforaciones generadas por la incidencia de una pulpa con propiedades químicas muy agresivas sobre el metal de la tubería. El colapso de las tuberías provoca derrames de material que contaminan el medio ambiente y causan pérdidas económicas importantes a la industria minera.

La industria de los materiales plásticos se ha desarrollado por alrededor de 100 años y comenzaron a ser utilizadas hace 50 años en Europa y Norteamérica para drenaje y manejo de agua potable. El uso de tuberías plásticas en la industria minera es mucho más reciente y actualmente su utilización crece de manera vertiginosa en el transporte de pulpas mineras, desplazando el uso de los conductos de metal (Izquierdo-Pupo, Turro-Breffé y Nikolaev, 2001; Velasco, Tamayo & González, 2020).

Según Tolentino (2015) los tubos plásticos tienen la más amplia gama de aplicaciones que las de otro tipo de material, ya que entre estas existen diferentes compuestos que las hacen diferentes significativamente en sus características y usos. Actualmente, las tuberías plásticas han sustituido, en gran medida, a otros materiales con los que por años se han compuesto los acueductos en todo el mundo. Este cambio se debe, entre otras cosas, a las mejoras económicas que estos representan, ya que generan un importante ahorro en los costos de instalación, mano de obra y equipo, en comparación con los materiales de tuberías tradicionales.

Creado a partir de sal (57 %) y petróleo (43 %), el PVC rápidamente se popularizó debido a su flexibilidad, dureza y rentabilidad. En tuberías, el PVC ha sido utilizado durante más

de 75 años y hoy en día es la resina más utilizada en tubos de plástico. A nivel mundial, las tuberías de PVC representan un 39 % del mercado (Guevara & Quiroz, 2018).

Dentro de los tipos de tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) se encuentran las de polietileno reticulado (PEX), las cuales son ampliamente usadas para el transporte de sustancias con propiedades físico mecánicas y químicas muy especiales, como las pulpas mineras; estas poseen alta resistencia a la corrosión, muy flexibles, resisten altas y bajas temperaturas de trabajo (desde -40 °C hasta 110 °C), bajos niveles de sedimentación; dichas características las hacen superiores con respecto a las de metal (Tejeda, 2004).

A partir del 2013 la Moa Nickel S.A inició un proceso de sustitución de las tuberías de titanio y de cobre empleadas en el transporte de las pulpas mineras por tuberías PEX, la presente investigación tuvo como objetivo exponer las ventajas de este tipo de tubería con respecto a las reemplazadas, desde el punto de vista de los impactos ambientales, económicos y de seguridad alcanzados en esta empresa.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la línea de entrada al reactor tubular instalado en la planta de Lavaderos (CCD, *counter current decantation*, por sus siglas en inglés) del complejo Lixiviación-Lavaderos de la planta de lixiviación ácida de la fábrica Moa Nickel S.A Comandante Pedro Sotto Alba.

El control del desempeño de las tuberías PEX instaladas se realiza a través de varios métodos no destructivos como: inspección visual, ultrasónicos y manómetros.

El método de inspección visual (Figura 1) incluye el control de los siguientes parámetros:

- Alineación y perfil longitudinal
- Juntas
- Daños o deformaciones
- Conexiones
- Revisión de los instrumentos de control.



Figura 1. Inspección visual del estado de las juntas, conexiones e integridad física de las tuberías.

El método ultrasónico se emplea para la medición de los espesores de las tuberías, detección de discontinuidades superficiales e internas. El empleo del medidor de caudal ultrasónico serie PCE-TDS 100 garantiza la supervisión del adelgazamiento de la pared de la tubería inducido por erosión-corrosión en las tuberías para garantizar una operación segura y eficiente de la planta.

Todos los datos emitidos por el sistema instrumental instalado en las redes de tuberías son controlados vía on-line a través de un panel centralizado que controla los parámetros, teniendo como referencia el patrón de calidad de los tubos de PEXGOL (Figura 2). En caso de existir desviaciones se procede al control físico del tramo donde se detectó el problema para la toma de decisiones que den solución a dicha situación.

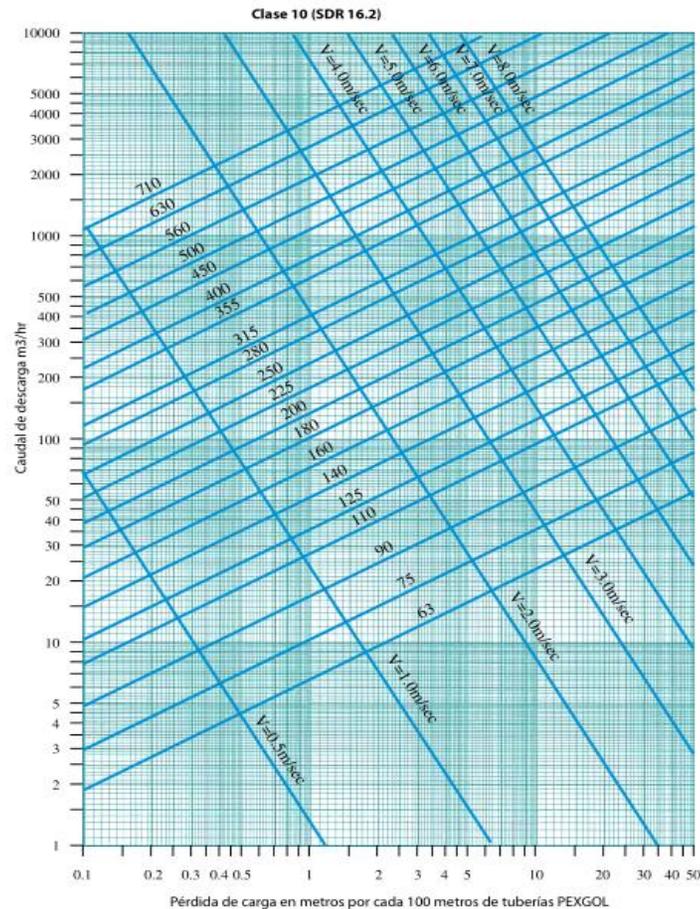


Figura 2. Patrón de referencia para el control de los parámetros de trabajo para las tuberías tipo PEXGOL.

Los planes de los mantenimientos responden a diferentes tipos de trabajos, en dependencia de la cantidad de horas requeridas para solucionar las averías más frecuentes del sistema de las redes de tuberías. Los supervisores mantienen un control estricto del comportamiento estadístico de los datos emitidos por el sistema instrumental, esta información constituye la base para diseñar los planes de mantenimientos de la planta.

La empresa Moa Nickel S.A Pedro Sotto Alba se encuentra ubicada al noreste de la provincia de Holguín, en el municipio de Moa. Se encuentra en explotación desde el año 1961; es considerada la planta de procesamiento minero metalúrgica más eficiente del mundo, la obtención de níquel más cobalto es a través del proceso de lixiviación ácida.

La empresa Pedro Sotto Alba utiliza tuberías de acero revestidas en goma para el transporte de licor ácido. Estas redes de tuberías trasiegan un fluido altamente

corrosivo que provocaba reiterativas averías, esto es debido a la composición química del fluido:

1. Acidez de un 28-32 g/l

- 1,00 gr/lts N
- 0,54 gr/lts Co
- 1,00 gr/lts Fe
- 21,00 gr/lts SO₄
- 30,0 gr/lts ácidos libres

2. Composición de sólidos: 0,086 % Ni; 0,013 % Co; 46,00 % Fe.

3. Condiciones operativas: 70-110 °C - 3 bar de presión.

Bajo estas condiciones de operación se producían afectaciones productivas por interrupciones necesarias para sustituir, en la mayoría de los casos, tramos de tubos de 12 pulgadas (304 mm) Sch 40 de unos 6 100 mm de longitud de acero al carbono revestidos con goma natural. En períodos de entre tres y seis meses debían parar la planta durante más de 24 horas debido a que la tubería de acero sufría graves problemas de sedimentación, reduciendo el diámetro interior de la tubería en un 60 % (Figura 3).

La línea que transporta pulpa lixiviada desde los reactores tubulares a los decantadores a contra corriente (*counter current decantation*, CCD por sus siglas en inglés) siempre ha causado serios problemas en tubos de distintos materiales.



Figura 3. Red de tuberías metálicas y pérdida de capacidad de transportación por la sedimentación de las pulpas de la planta Pedro Sotto Alba.

Las tuberías de acero sufrían de pinchaduras debido al desprendimiento del revestimiento de goma. Desde el momento en que el fluido hacía contacto con el acero, en cuestión de minutos se generaban pinchaduras en las tuberías que ponían en riesgo las operaciones seguras de los trabajos de la planta de lixiviación, además de las pérdidas económicas por la paralización del proceso de la fábrica.

Los vertimientos de licor al medio ambiente, durante la avería de las tuberías metálicas, ocasionaban grandes derrames de material altamente contaminante, estos incidentes medio ambientales constituían violaciones de las normas operacionales de la fábrica, y de la norma No. 81 de Medio Ambiente de Cuba.

Las tuberías instaladas de titanio SCH20 sufrían deformaciones y tenían que estar reparándolas permanentemente. El titanio fue remplazado por acero inoxidable 316SHC40. El acero inoxidable duró un promedio de 8 años y fue cambiado por presentar graves problemas de desgaste, lo que conlleva a detener la planta durante más de 24 horas con sus respectivas pérdidas económicas.

Valoración de las tuberías PEX como posible solución

El uso generalizado de las tuberías PEX a nivel internacional, unido a los resultados positivos de las mismas bajo diferentes regímenes de explotación dentro de la industria minera, en comparación con otros tipos de conductos, la hacen una propuesta atractiva para el transporte de colas o concentrados minerales desde una planta de procesamiento o transportando lechadas y productos químicos.

Principales características de las tuberías de PEXGOL para transporte de licor de mineral altamente corrosivo:

- Es confiable, posee más de 30 años de experiencia en instalaciones en todo el mundo.
- Alta resistencia a la abrasión
- Excelente resistencia química y a la corrosión
- Gran amplitud térmica operativa: -50°C/-58°F a 110°C/230°F
- Bajas pérdidas de energía
- Resistencia al crecimiento lento de grietas
- Resistencia al deslizamiento y al impacto
- Los espesores se pueden medir fácilmente para controlar la abrasión.

La propiedad de la tubería de transporte de pulpa minera PEX de absorber la energía cinética de las partículas duras dentro de la pulpa, junto a su resistencia a la deformación, hace de estas tuberías conductos extraordinarios resistentes a la abrasión.

Análisis de los resultados

En el año 2013 la empresa Pedro Sotto Alba decide cambiar unos 150 m de la red de transporte del licor de las tuberías de titanio, en unos 150 m por tuberías PEX, marca PEXGOL, de 355 mm y 315 mm con uniones mecánicas. Al año de instalada y dados los altos niveles de sedimentación, el diámetro interior disminuyó solo un 30 %. La reparación de la misma duró solo cuatro horas (20 horas menos que las empleadas para cambiar las tuberías de metal), las obstrucciones se eliminan mediante golpes con martillo a la tubería para desplazar el material que la obstruía. Al finalizar, la tubería estuvo en funcionamiento sin problemas. No solo la planta logró aumentar su producción, sino que también se redujeron los gastos de reemplazo y mantenimiento de la tubería. Cada hora que se detenía la planta le costaba a la empresa cientos de miles de dólares. (Figura 4).



Figura 4. Sustitución de tubería de titanio por tubería PEXGOL.

Ventajas de las tuberías PEXGOL

Las ventajas de las tuberías PEXGOL con respecto a las metálicas son:

-Resistentes a la abrasión: las tuberías PEXGOL son las más elegidas a la hora de transportar materiales abrasivos. Generalmente resisten hasta tres veces más que las tuberías de HDPE y dos veces más que las de acero.

-Resistentes a la corrosión y los químicos: las tuberías PEX pueden resistir una gran variedad de agentes químicos, pulpas y materiales tóxicos o radioactivos.

-Soportan todas las temperaturas: las temperaturas de trabajo pueden variar entre los -50 °C hasta los 110 °C.

-Invulnerables en ambientes corrosivos: han demostrado su capacidad para soportar la exposición en ambientes corrosivos, sin deteriorar su calidad ni disminuir su rendimiento.

Costos

La frecuencia de las averías provocaba la sustitución mensual de 10 a 15 tubos, cuyo precio unitario es de unos \$ 166.27 USD por metro (solamente el tubo sin revestimiento interior cuesta unos \$ 1014.23 USD), ascendiendo sin considerar gastos incurridos en trabajos de mantenimiento y los asociados a las pérdidas productivas por limitaciones en el proceso en un costo aproximado de unos \$ 10 142 USD mensualmente, lo que representaba un costo anual de unos \$ 121 704 USD (Figura 5).



Figura 5. Comportamiento del costo mensual y anual por sustitución de las tuberías metálicas por plásticas (PEX).

Las tuberías PEXGOL llevan siete años de explotación y no han fallado en su funcionamiento, actualmente se continúa el trabajo de sustitución de las redes de tuberías metálicas por las de este tipo.

Conclusiones

Las tuberías PEXGOL funcionan de forma segura y no se averían en condiciones normales de operación de la planta. Son más resistentes, reutilizables y el tiempo de instalación es menor, lo que las hace más económicas que las tuberías de metal, por tanto, disminuyen los costos capitales y de operación.

La sustitución de las tuberías de metal por tuberías PEXGOL garantiza que la disminución del tiempo de mantenimiento en un 96 %, con respecto a las tuberías de metal reemplazadas, así como la eliminación del tiempo de averías.

Con la sustitución de las tuberías se logran eliminar los incidentes medio ambientales ocasionados por las averías de las tuberías de metal, de igual forma se incrementa la seguridad del trabajo del personal de operaciones y de mantenimiento, al emplearse tuberías con un período de vida superior a las de metal.

El costo de sustitución de las tuberías plásticas, por concepto de compras de material, es un 98 % menor con respecto a las de metal; se logra un ahorro de más de 100 000 USD por cada tramo de 60 metros reemplazados.

Referencias bibliográficas

GUEVARA, N. A. & QUIROZ, K. N. 2018. Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para reducir los costos operacionales en la empresa Tuberías Plásticas S.A.C. consultado: 22/02/2019. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjGx5epssPsAhXKslkKHdx_DiUQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2F repositorio.upn.edu.pe%2Fhandle%2F11537%2F13231&usq=AOvVaw13YrPPt3hJnLNpiRqJIqnM

IZQUIERDO-PUPO, R.; TURRO-BREFFE, A. & NIKOLAEV, A. 2001. Hidrotransporte del mineral laterítico en régimen estructural. *Minería y Geología* 18(2): 7.

TEJEDA, C. A. 2004. *Proyecto de planificación y diseño de una planta productora de tubería de PVC*. Tesis de grado. Universidad de San Carlos. Guatemala. Consultado: 13/09/2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/447515116/PROYECTO-DE-PLANIFICACION-Y-DISENO-DE-UNA-PLANTA-PRODUCTORA-DE-TUBERIA-DE-PVC>.

TOLENTINO, K. I. 2015. *Pérdidas de energía en cruces de tuberías ingeniero civil*. Universidad Nacional Autónoma de México.

VELASCO, Y.; TAMAYO, P. & GONZÁLEZ, J. 2020. Evaluación y control de riesgos ergonómicos de un fabricante de mangueras y tuberías. *Universidad Ciencia y Tecnología* 24(98): 71-79.