

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

Uno de los problemas más conocidos de los sistemas de alcantarillado es sin duda el olor nauseabundo que estos desprenden. Una serie de compuestos volátiles, como amoníaco, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico(H_2S) y metano, generados por la descomposición anaeróbica de materia orgánica son la causa principal de este problema. De estos, el H_2S , de fétido olor y de alta toxicidad, no solo está relacionado con malos olores sino que también es causante de corrosión de varios materiales utilizados en la construcción de las tuberías para drenaje. Cuando el H_2S pasa a la atmósfera del tubo es oxidado bióticamente produciendo H_2SO_4 que atacará a los componentes cálcicos del cemento principalmente. Este proceso destruye la capacidad del cemento de unir a los otros materiales del concreto en una sola masa compacta y de esta manera sobreviene la destrucción paulatina y posteriormente el quebrado de la tubería de drenaje.

El mantenimiento y en algunos casos el reemplazamiento total de tuberías dañadas por corrosión resulta extremadamente costoso. Además, están los severos daños que sufren calles y carreteras debido al rompimiento de líneas de alcantarillado y la incomodidad que provocan los desagradables olores desprendidos. Debido a esto y al crecimiento acelerado de nuestras ciudades, que en todo caso requieren de sistemas de drenaje, es necesario encontrar soluciones factibles y de fácil acceso con el fin de controlar este problema.

En los primeros reportes sobre el problema de corrosión en tuberías de concreto, que datan de 1900, se asumió que el H_2S se formaba de la descomposición de materia orgánica para después ser oxidado a H_2SO_4 , pero ésta reacción fue atribuida a una reacción catalizada por el concreto y no como una oxidación biótica⁽⁴⁾. Parker aisló e identificó las especies de bacterias que intervienen en la oxidación de H_2S ⁽⁶⁾. Otra de las mayores contribuciones en este campo fueron realizadas por Pomeroy, quién presentó las primeras ecuaciones para predecir la formación de H_2S y la severidad de daños que este pudiera ocasionar⁽¹¹⁾. Aunque mucho trabajo se ha hecho sobre corrosión por H_2S a través de los últimos 50 años, aún existen áreas en las que se tiene poco o nada de conocimiento.

El cemento, en terminos generales, puede ser descrito como un material con propiedades adhesivas y cohesivas que lo hacen capaz de unir fragmentos de minerales dentro de una masa compacta. Al añadirsele agua y ciertos agregados se forma el concreto cuyo principal componente es el hidróxido de calcio en un 25%. Cuando el H_2SO_4 ataca al concreto, éste reacciona con el hidróxido de calcio formando $CaSO_4$ y otros compuestos, al mismo tiempo que el concreto va perdiendo la facultad de mantener su estructura compacta. Con la ayuda de lavados continuos, se remueven los materiales formados por la corrosión y el proceso se acelera de manera importante, aunque el tiempo necesario para que la corrosión aparezca es de 9 meses a 4 años aproximadamente.

El fenómeno de corrosión en tuberías de concreto requiere de un entendimiento completo del mecanismo de generación del H_2S así como su oxidación posterior. Las condiciones para que el H_2S se genere y cause problemas de corrosión pueden ser resumirse en la siguiente forma:

1. Presencia de sulfatos en el drenaje.
2. Reducción biológica de estos compuestos a H_2S .
3. Transporte del H_2S disuelto desde la superficie del agua a la atmósfera.
4. Oxidación biológica de H_2S a H_2SO_4 .
5. Ataque del H_2SO_4 a superficies metálicas o de concreto expuestas a la atmósfera.

Las bacterias que llevan a cabo la reducción de sulfatos, (SBR) son del tipo *Desulfovibrio* y pueden ser encontrados en el excremento humano y de animales. En la reducción de sulfatos, ésta bacteria oxida materia orgánica (donador de H^+) con remoción de hidrógeno; en éste proceso la bacteria gana energía. Si no están presentes oxígeno libre y nitrógeno en el flujo, el receptor final de los átomos de hidrógeno serán los iones sulfatos, SO_4^{2-} . Estos generalmente se encuentran en cualquier fuente de agua disponible y es uno de los más comunes en la naturaleza. Se encuentra presente en agua de lluvia, principalmente de aquellas nubes que pasaron por zonas urbanas y su concentración puede variar de unos cuantos miligramos hasta cientos de miligramos por litro.

La producción de H_2S es posible en tuberías parcialmente llenas donde el flujo se mueve por gravedad y existen condiciones anaeróbicas. Aunque el H_2S puede producido de sedimentos de materia orgánica e inorgánica, que se depositan en el fondo del tubo

cuando el flujo es lento, la mayor parte de éste se obtiene de una delgada capa de material gelatinoso, compuesto de filamentos de materia orgánica que generalmente se forma en la parte sumergida de la pared del tubo. Su espesor depende, en gran medida, de la velocidad del flujo y de los materiales abrasivos transportados por la corriente. Si el flujo es lento su espesor puede ser de 0.10cm y si por el contrario la velocidad del flujo es alta y con alto contenido de material abrasivo su espesor puede llegar a ser de 0.025cm. Dentro de esta capa se pueden distinguir tres zonas: una zona anaeróbica pero inerte, debido a la carencia de nutrientes y localizada junto a la pared; una zona intermedia anaeróbica y productora de H₂S y cuando esta presente oxígeno en cantidad suficiente en el flujo, aparece una tercera zona, la cual es aeróbica y capaz de oxidar todo el H₂S producido en la zona intermedia.

La oxidación de H₂S a H₂SO₄ es un proceso complejo. La sola presencia de H₂S no causa problemas de corrosión en tuberías de concreto, sin embargo, es un elemento indispensable en la modificación del medio ambiente en la superficie del concreto. El concreto es una mezcla de precipitados inorgánicos y minerales agregados que se disuelve lentamente en agua formando soluciones alcalinas a pH entre 12 y 13. No existe bacteria capaz de habitar bajo estas condiciones, pero la presencia de H₂S y CO₂ en la atmósfera y principalmente en la superficie del concreto, reduce el pH a tal grado que se establecen las primeras comunidades de bacterias. Estas bacterias (*Thiobacillus thioparus*) reducen el H₂S a tiosulfato y a otros ácidos que disminuyen a un más el pH, resultando en condiciones inhibitorias aún para ellas mismas. A medida que el pH disminuye, existe toda una sucesión de comunidades de bacterias que aparecen y desaparecen según el pH existente. A un pH de 2, aproximadamente, la última comunidad en establecerse es la del tipo *Thiobacillus thiooxidans*, capaz de oxidar H₂S a H₂SO₄. La disponibilidad de nutrientes así como la de humedad y otras condiciones ambientales, son factores importantes que en un momento dado pueden llegar a limitar el crecimiento de dichas comunidades.

La tecnología del control del H₂S está bastante desarrollada y cuenta con una serie de métodos químicos y físicos para controlarlo. Algunos de estos métodos han sido aplicados con buenos resultados en ciertas comunidades de Estados Unidos y de otros países, pero no han resultado efectivas y factibles para otras. Por esta razón, el problema todavía no ha sido resuelto en su totalidad. Sin embargo existen una serie de

consideraciones de diseño que pueden eliminar la generación de H₂S y por consiguiente la corrosión en tuberías proyectadas. En realidad, los sistemas existentes y aquellos proyectados en los cuales no se tomen medidas de control, absorberán los mayores gastos de mantenimiento. Solo en los Estados Unidos la cifra proyectada para mantenimiento, rehabilitación y construcción de sistemas de alcantarillados alcanza los 38.8 billones de dolares para el año 2000⁽³⁾.