



## Limpieza de Cañerías en la Industria del Petróleo

*Alberto Blasetti*  
[ablasetti@bolland.com.ar](mailto:ablasetti@bolland.com.ar)

### Introducción

Las acciones que desarrollan las empresas productoras de petróleo y gas, no solo involucran los aspectos relacionados con los procesos de extracción, sino también aquellas acciones necesarias para proteger sus instalaciones. En este sentido, se vuelve muy importante conocer el estado de las líneas y cañerías de conducción de sus yacimientos ("pipeline integrity"), de manera de reducir o evitar las probabilidades de fallas o pérdidas de las mismas.

Para conocer el grado de integridad de las cañerías y líneas de conducción se recurre a métodos de inspección conocidos como "In-Line Inspection (ILI)" o "inspección en línea". Si bien no existe un único método que permita obtener toda la información necesaria para evaluar el verdadero estado de una cañería, una técnica difundida y no destructiva de inspección y medición de espesores es mediante el uso de "chanchos o scrapers inteligentes" (smart pigs) basados en el principio de "Pérdida de Flujo Magnético" (Magnetic Flux Leak, MFL). Puesto que las suciedades en el interior de las cañerías pueden atascar los sensores o provocar errores de lectura, se vuelve un requisito previo contar con cañerías limpias, dado que cuanto mayor sea el grado de limpieza, mejor será la interpretación de resultados y la evaluación del estado del sistema.

No solo importante para la recolección de datos de inspección confiables, el grado de limpieza del interior de las cañerías también tiene influencia en los programas de tratamiento químico. Independientemente de la modalidad de un tratamiento químico (batch o continuo), cuando los productos utilizados no llegan a la superficie del metal sobre la que deben actuar, es probable que el tratamiento no esté siendo aprovechado dentro de un programa de integridad de ductos. Por ejemplo, si un inhibidor de corrosión fílmico, no se adhiere sobre la superficie de un metal o un tratamiento bactericida no accede a las colonias de bacterias que se están tratando de eliminar, es probable que no estemos obteniendo los resultados deseados y lo que es peor aún, que no nos estemos dando cuenta.

### Limpiezas mecánica de cañerías

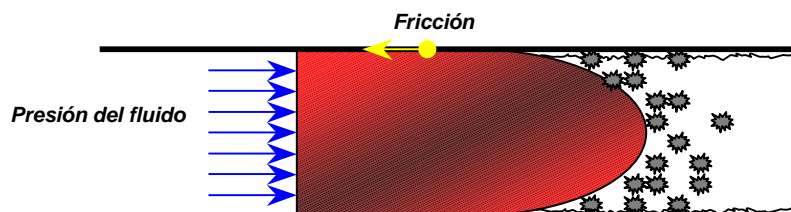
La limpieza mecánica con scrapers ("mechanical pigging") de acueductos y oleoductos se emplea para mantener limpia de sólidos e incrustaciones, la superficie interna de una cañería. Adicionalmente, nos sirve como fuente de información acerca del estado de la misma y eventualmente, decidir sobre la aplicación del algún tratamiento químico o selección de materiales adecuados.



Desde el punto de vista de la limpieza, el buen funcionamiento de una cañería depende del factor de fricción y diámetro interno de la misma. En algunos casos, cuando se realizan pasadas frecuentes de un "scraper", se puede mantener el diámetro interno de una cañería prácticamente en su estado original. No obstante, dependiendo del tipo de ensuciamiento, el diámetro interno de la cañería no necesita ser substancialmente reducido para afectar la eficiencia de flujo de la cañería, sino que el ensuciamiento puede afectar o modificar su factor de fricción o bien influir sobre la calidad del fluido transportado.


La acción de limpieza de los scrapers depende de sus características mecánicas y constructivas y de la composición y dureza del material depositado en el interior de la cañería. Los scrapers, también denominados "chanchos", están diseñados para empujar el material y los sólidos sueltos dentro de la cañería y para desprender los depósitos y ensuciamiento adheridos sobre las paredes de la misma. Estas dos funciones se desarrollan mediante el "sellado" que asegura que el "scraper" circule por empuje del fluido, y las "fuerzas de fricción" que remueven los sólidos de las paredes interiores. Los parámetros constructivos que influyen sobre el grado de sellado y esfuerzos ejercidos por un scraper son: diámetro, materiales de fabricación y dureza de los mismos, tipo de contacto, forma y estilo de montaje, y tamaño y dureza de los cepillos y rascadores utilizados.

La acción de limpieza de un pig de espuma de poliuretano (también llamados "polly-pigs") es debida a los esfuerzos de fricción ejercidos sobre las paredes de la cañería. Generalmente, el diámetro del scraper es levemente mayor que el diámetro interno de la cañería y la presión ejercida por el fluido en la parte trasera del scraper lo comprime en forma longitudinal, aumentando la fuerza sobre las paredes.



El sello que se obtiene con la cañería es tal que permite el pasaje o by-pass de pequeños volúmenes de fluido a alta velocidad, aumentando el barrido de los sólidos desprendidos, y alejándolos de la cabeza del "pig". Los "polly-pigs" (Tabla 1) tienen densidades que varían entre 32 y 160 kg/m<sup>3</sup> de acuerdo a su aplicación. Los mismos pueden estar recubiertos de poliuretanos de mayor dureza, en forma espiralada y con cepillos de alambre o carburo de silicona para conferirle mayor acción abrasiva. La principal ventaja de los polly-pigs es que son relativamente baratos, flexibles, compresibles, expandibles y livianos, pudiendo viajar a través de cañerías de diferentes diámetros, codos a 90° de radio corto y válvulas. No pueden utilizarse más de una vez y pueden usarse como "calibre" previo al paso de otro tipo de scrapers.

Tabla 1: Pigs de espuma de poliuretano

POLLY-PIGS	CARACTERÍSTICAS	
<p>Pigs de espuma de poliuretano o Polly-Pigs</p> <p>Están fabricados con espuma de poliuretano y son los más económicos. Se pueden hacer circular a través de cañerías de diferentes diámetros, generalmente de 2" a 48". El largo estándar es dos veces su diámetro.</p>	<p>Pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• desnudos,</li> <li>• recubiertos con elastómeros de poliuretano</li> <li>• recubiertos con elastómeros y con cepillos</li> <li>• de bandas abrasivas</li> <li>• esferas</li> </ul>	 <p>Polly-pigs recubiertos con elastómeros de poliuretano</p>


Los scrapers con cuerpo metálico (acero o aluminio) (Tabla 2) están provistos con copas o discos que cumplen la función de sello hidráulico y cepillos de alambre o cuchillas de poliuretano o metal para las funciones de limpieza y raspado. Una ventaja de estos tipos de chanchos es que pueden ser reutilizados cambiando las copas o discos de sellos y los cepillos y cuchillas. Estos scrapers suelen tener agujeros de by-pass en su nariz o cabeza para que el fluido pase a través de los mismos y mantenga en suspensión los sólidos arrastrados que quedan por delante del mismo.

Tabla 2: Pigs con cuerpo metálico

PIGS CON CUERPO DE ACERO	CARACTERÍSTICAS	
<p>Cuerpo de acero (Steel Shaft)</p> <p>Consisten en un cuerpo sólido (generalmente acero) con elementos de sello intercambiables tipo copa y disco. Se pueden fabricar con cepillos y cuchillas. Su principal ventaja es que no son descartables como los de espuma, sino que pueden ser reparados.</p>	<p>Pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de copa</li> <li>• de discos</li> <li>• articulados</li> <li>• cónicos</li> <li>• con cuchillas y/o cepillos</li> </ul>	 <p>Pigs de 4 copas y 1 cepillo (Foto Cortesía Szmidt SRL)</p>

Los “chanchos” sólidos con cuerpo de fundición se fabrican generalmente en poliuretano (Tabla 3), aunque también pueden fabricarse en neoprene, nitrilo, vitón y otros elastómeros elásticos. Generalmente se emplean como “scrapers” de sellado, aunque algunos diseños con copas, discos y cepillos pueden usarse para la remoción de líquidos (condensados, agua, etc.) en gasoductos o para el control de depósitos parafínicos en cañerías de conducción de hidrocarburos líquidos.

Tabla 3: Pigs con cuerpo de poliuretano

PIGS CON CUERPO DE POLIURETANO	CARACTERÍSTICAS	
<p>Cuerpo de fundición de poliuretano</p> <p>Tienen una flexibilidad similar a los pigs de poliuretano y una resistencia comparable a los de acero.</p>	<p>Pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de copa</li> <li>• de discos</li> <li>• con cepillos</li> <li>• esféricos</li> </ul>	 <p>Pig flexible con discos (Foto Cortesía Szmidt SRL)</p>

### Limpiezas Químicas y Combinadas

En general, una operación de limpieza de cañerías requiere conocer las características del ensuciamiento a remover y la selección del método más adecuado, ya sea mecánico, químico o una combinación de ambos. La naturaleza de los depósitos difiere, ya sea si se trata de un acueducto o un oleoducto y consecuentemente dependerá el método y los productos químicos de limpieza más convenientes en cada caso. Hay situaciones donde las limpiezas mecánicas no son efectivas o, si los sistemas no cuentan con las correspondientes lanzaderas y receptores de “scrapers”, son directamente inviables y se debe recurrir a limpiezas químicas. Desde el punto de vista de la composición y el grado de adherencia de los depósitos, las limpiezas químicas pueden resultar más efectivas que la acción abrasiva de una limpieza mecánica, o bien casi la única alternativa viable cuando se trate de cañerías con recubrimiento interior. En este último caso, para evitar un posible daño por la acción mecánica de un scraper, se recurre a productos químicos específicos, puesto que según la naturaleza del ensuciamiento, se puede actuar sobre sus propiedades físico-químicas.

Entre varios factores, la pérdida de eficiencia de una limpieza mecánica con scrapers puede atribuirse a una incorrecta selección del tipo de scraper, al procedimiento operativo implementado, y a la naturaleza y/o localización del ensuciamiento. A veces los depósitos



pueden “empastar” los cepillos de un scraper o bien, alojarse en un “pitting” y quedar un tanto inaccesible para cepillos y/o rascadores, o la dureza y/o grado de adherencia de las incrustaciones y depósitos es mayor que la fuerza que ejerce un scraper con sus cepillos o rascadores. En estos casos, cuando las fuerzas que se ejercen no son suficientes, la limpieza mecánica se puede combinar con el uso de productos químicos para lograr un efecto tensioactivo, de dispersión, disolución o desintegración de los materiales depositados, que puedan luego, ser arrastrados o removidos mecánicamente.

En una limpieza química y mecánica combinadas, los productos químicos ayudan a remover por “pasada” una mayor cantidad de suciedad que la que se podría eliminar con una limpieza mecánica exclusivamente, sin considerar que además, los sólidos desprendidos y sin dispersar o disolver delante del “chancho”, pueden atorarlo dentro de la cañería. También se debe tener en cuenta que en las operaciones de limpieza química o mecánica, dichos sólidos involucran el manejo de efluentes. Además, en una limpieza de líneas se pueden generar efluentes con emanaciones de H<sub>2</sub>S, que afectan las condiciones de seguridad en superficie. En estos casos, se pueden diseñar tratamientos para disolver el ensuciamiento de origen bacteriano, reaccionar con el gas sulfhídrico y disminuir o evitar dichos efluentes.

Para la selección de scrapers y la formulación de soluciones de limpieza, es necesario contar con datos e información de las cañerías y el ensuciamiento. Como la composición y cantidad de ensuciamiento, el diseño de las instalaciones, y el tiempo que se puede tener un sistema “fuera de servicio” difieren en cada caso, no existe un procedimiento único a aplicar. Podemos no obstante, basarnos en un programa general de limpieza para elaborar un procedimiento específico y en el cual pueden intervenir varias de las siguientes etapas:

- 1) **Relevamiento:** Se recopilan datos de ingeniería básica y de detalle, diagramas e inspección del sistema a limpiar
- 2) **Recolección, análisis y ensayos de muestras:** Se toman muestras de los depósitos e incrustaciones en el interior de la cañería para realizar los análisis y ensayos correspondientes.
- 3) **Procedimiento:** Se selecciona el método de limpieza (química, mecánica o combinada), se especifican requerimientos operativos y logísticos y se desarrolla un procedimiento específico. El programa específico de limpieza se confecciona en función de las particularidades de cada sistema, ajustado a sus características y restricciones.
- 4) **Ejecución:** Se realizan maniobras operativas tales como bloqueo de líneas, instalación de scrapers, bombeo de productos químicos y fluidos de desplazamiento, control de emisiones de gases tóxicos, toma de muestras, recepción de scrapers y efluentes.
- 5) **Evaluación de resultados:** Se procede al relevamiento de presiones, caudales, inspecciones visuales, etc., para contar con información visual del estado final del sistema y poder evaluar la efectividad de la limpieza, dado que en muchas oportunidades, los



sistemas pueden requerir varias pasadas de scrapers y/o reformulación de los tratamientos químicos.

**Tabla 3: Limpieza de acueductos**  
***Etapas operativas y de inspección***

***Colocación "Polly-pig"***



***Bombeo de productos químicos***



***Intervención antes de limpieza***



***Intervención después de limpieza***



**Conclusión**

En síntesis, en función de los diversos factores inherentes al diseño de operaciones de limpieza de cañerías, la utilización de productos químicos junto con scrapers podrá resultar en una operación más eficiente y/o superar las limitaciones de aplicar únicamente métodos mecánicos de limpieza.

**Agradecimientos**

Las fotos de los scrapers son cortesía de SZMIDT SRL, C. Pellegrini 2130 - B1879DKF Quilmes Oeste, Buenos Aires- Te: 54 11 4280-1200, e.mail: [scrapers@szmidt.com](mailto:scrapers@szmidt.com)