
REVESTIMIENTO INTERNO TRICAPA

Gian Franco Andreani, Socotherm, info@socotherm.com

Sinopsis

La corrosión interna en tuberías de acero representa un desafío persistente en la industria del petróleo y el gas desde hace más de 40 años.

Si bien las soluciones tradicionales han incluido el uso de recubrimientos en base de pinturas epoxi, fenólicas, poliuretánicas – y, más recientemente, a base de *nylon* (entre otras) – la evolución tecnológica ha promovido la incorporación de *liners* termoplásticos en el interior de las tuberías de acero, capaces de resistir mayores temperaturas.

Estos ofrecen ventajas significativas sobre las pinturas como por ejemplo la resistencia al impacto, abrasión e impermeabilidad a líquidos. Sin embargo, su aplicación se ve limitada por la falta de adherencia al acero y una baja resistencia a la permeación de gases que generan un riesgo de colapso por la acumulación entre el *liner* y el acero cuando se despresurizan.

El objetivo de este trabajo es mostrar una novedosa solución de protección interna, que combina las ventajas de los materiales termoplásticos para recubrimientos internos con la tecnología de recubrimiento "tricapa", sistema ampliamente utilizado para la protección externa de tuberías.

Este nuevo recubrimiento no colapsa por despresurización gracias a la gran adherencia al acero y sería una solución para los tramos de líneas de gas desde pozo a planta de tratamiento donde sus diámetros, erosión y corrosión, no tienen una alternativa de tubería no-metálica.

Adicionalmente, no se requieren inhibidores de corrosión, ni pasaje de *scrapers* de limpieza o servicios de *hot-water* o *hot-oil*, por no generar incrustaciones o depósitos de parafinas (entre otros).

Introducción

El problema de la corrosión interna de las tuberías de acero en la industria del petróleo ha sido ampliamente tratado desde hace más de 40 años a fin de poner en producción comercial yacimientos que contenían principalmente agentes corrosivos como el H_2S o el CO_2 .

Con la incorporación de la recuperación secundaria con inyección de agua el problema de corrosión se fue incrementando y la búsqueda de alternativas generó diversas soluciones que se basaron inicialmente en el uso de pinturas a base de epoxi y luego de otras resinas como poliuretánicas, fenólicas y recientemente a base de *Novolac* y *nylon* entre otras.

Las pinturas sufrieron grandes avances tanto en sus características químicas como de aplicación, pasando a usarse en polvo en lugar de líquidas evitando los solventes que además de contaminar generaban poros en la etapa de curado.

Las ventajas principales de las resinas termoendurentes eran la gran adherencia al acero, baja permeabilidad a los gases y gran resistencia química a elevadas temperaturas, pero por otro lado tenían limitaciones en cuanto a la abrasión (problema común en el bombeo mecánico), poca flexibilidad y, al ser de bajos espesores, la aparición de poros era muy común – provocando *pitting* – que debía ser protegido con el uso inhibidores químicos de corrosión (entre otras alternativas).

Con el mayor conocimiento de los materiales plásticos, se desarrollaron soluciones que hoy son muy difundidas, desde *liners* internos a las tuberías de acero para dar soluciones simples al problema de la abrasión, impermeabilidad de los líquidos y gran resistencia química, con la posibilidad de altos espesores que evitaban la posibilidad de poros.

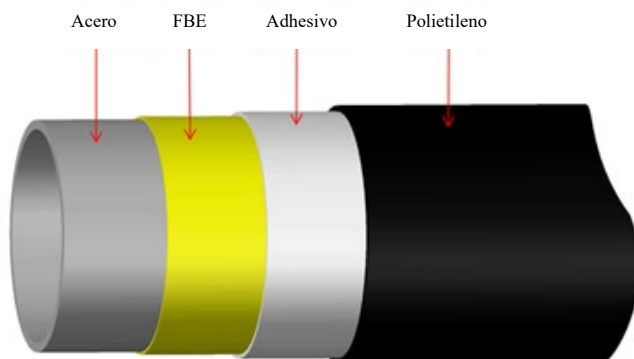
Los termoplásticos iniciales (básicamente polietileno) tenían limitación de uso en temperatura, pero la limitación más importante es su baja adherencia al acero, que limita su uso cuando hay presencia de gases ya que hace colapsar el recubrimiento ante descompresiones (normales en la operación de instalaciones petroleras y gasíferas).

En resumen, las soluciones actuales de recubrimiento interno son las pinturas termoendurentes (epoxi, uretanos, *Novolac*, etc.) y los termoplásticos con ventajas y limitaciones en ambos casos y es objetivo de este documento es delinear un sistema que tome las ventajas de las distintas soluciones en un único revestimiento que logre: resistencia química a los agentes corrosivos, libre de poros, impermeable a los gases/líquidos, flexible, resistente a la abrasión, no colapsable a las descompresiones, alta adherencia al acero, amplio rango de temperatura y factible de aplicar con tecnología conocida.

Sistema Tricapa

Lograr un revestimiento termoplástico totalmente adherido al acero es un problema que se resolvió hace más de 25 años en Europa y hoy es conocido ampliamente con el nombre de tricapa de polietileno o polipropileno, existiendo avanzadas y probadas especificaciones técnicas entre las cuales se pueden nombrar las DIN (30670 y 30671) o las Canadian (*Canadian Specification Z245.21-06*).

El recubrimiento tricapa es el más utilizado en la actualidad tanto para tuberías *onshore* como *offshore* y se basa en un primer epoxi con un adhesivo plástico que tiene una reacción química con el epoxi y que se fusiona con una capa de termoplástico.



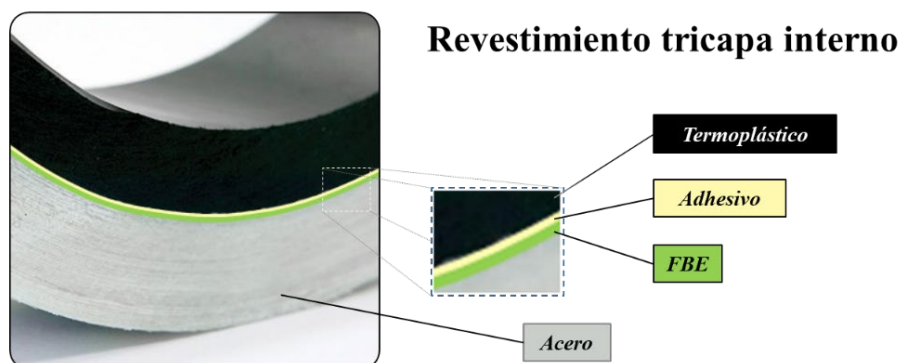
Sistema típico de tricapa polietileno.



Line pipe onshore y offshore.

Pese al amplio uso del recubrimiento tricapa, su aplicación se ha limitado hasta el momento en la protección anticorrosiva externa de tuberías de acero, y anteriormente nunca se había propuesto una solución similar para su uso en el recubrimiento interno.

El revestimiento tricapa interno tiene el mismo concepto de protección que el tricapa externo donde se utilizan las ventajas de las resinas termoendurentes (epoxi) y los termoplásticos (polietileno/polipropileno) logrando un recubrimiento de gran resistencia química, fuerte adhesión al acero, con alta protección mecánica e impermeable a gases y líquidos.



Capas

Los problemas de protección interna y externa en las tuberías de acero son similares pero la gran cantidad de variables según el fluido que conduzca requerirá de distintas soluciones, no será lo mismo las condiciones que se requieran para transportar agua a temperatura ambiente que petróleo a temperatura o gases corrosivos, por lo cual a fin de que cada problema tenga una solución adecuada y económica, se deberá usar un grupo de termoplásticos que tenga las mejores propiedades y costos en cada situación.

Primera capa: epoxi.

El epoxi cumple en el tricapa la función de tener una gran adherencia al acero y ser impermeable a los gases, dependiendo de la temperatura de servicio de la tubería se utilizan epoxis con mayor o menor resistencia a la temperatura, característica que se visualiza con el valor de la transición vítrea.

Hoy hay epoxis que soportan 140 °C en una sola capa y en caso del tricapa los mismos pueden superar incluso los 170 °C.

Segunda capa: adhesivo.

El adhesivo es un termoplástico modificado compatible con la capa externa del recubrimiento, pero con la particularidad de tener enlaces libres que permite unirse químicamente con el epoxi durante la etapa de curado del mismo.

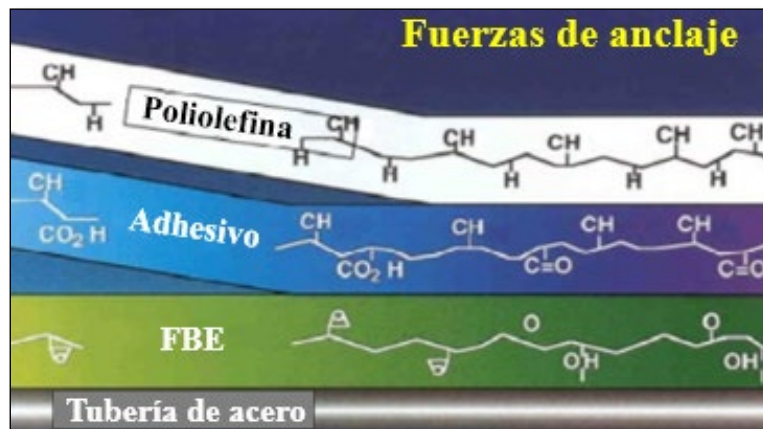
Hoy existen gran variedad de adhesivos que permiten unir materiales no compatibles entre sí y el conocimiento desarrollado en los mismos permite crear materiales que se pueden adaptar a cada condición especial que se requiera en la industria.

Tercera capa: termoplástico.

Esta capa es la que se encuentra expuesta internamente y en contacto directo con el fluido que se transporte, por lo cual su característica dependerá principalmente de las condiciones en las cuales operara.

En el recubrimiento externo las condiciones en tierra o mar son ampliamente cubiertas por el polietileno o el polipropileno, pero en el interno se deberán tener en consideración otras variables como la temperatura, la permeabilidad a los gases, volátiles en los hidrocarburos y la abrasión entre otros.

Afortunadamente el campo de los plásticos sigue innovando constantemente desarrollando soluciones cada vez más avanzadas y con la nanotecnología materiales con características imposibles de pensar en la actualidad.



Método de aplicación

El proceso de aplicación se basa en una secuencia de procesos estandarizados en la industria y controlados, sobre tubería de acero previamente preparada, asegurando una superficie de aplicación libre de impurezas y con un perfil de anclaje adecuado.

En todos los casos se utilizan tecnologías conocidas de limpieza por granalla abrasiva – pintado interno con polvo – inserción de *liner* termoplástico – pre y post curado con aire caliente (pre curado) e inducción (post curado).

Primero se aplica la capa de epoxi en polvo (FBE) para brindar la protección anticorrosiva, y mediante un proceso controlado de calentamiento pre y post curado, la aplicación de una capa de adhesivo polimérico. Una vez aplicada la última capa de material termoplástico (polietileno de alta densidad, etc.) se realiza un curado final que genera la adherencia fisicoquímica para asegurar la fusión total del adhesivo con el termoplástico, concluyendo todo el proceso con una etapa de enfriamiento controlado que consolida el sistema anticorrosivo tricapa interno.

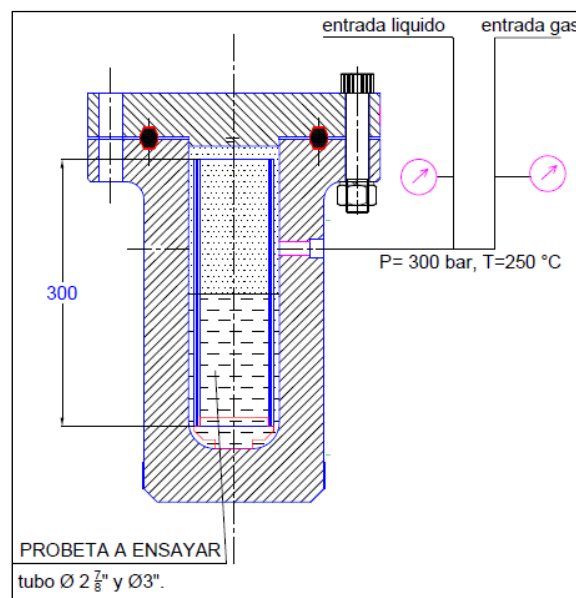
Dependiendo del termoplástico utilizado dependerá también la forma de aplicación, tiempos de calentamiento pre/post curado, curado y enfriamiento, teniendo en cuenta las curvas de temperatura y demás parámetros para que no sufra degradación durante la etapa de ablandamiento y fundido.

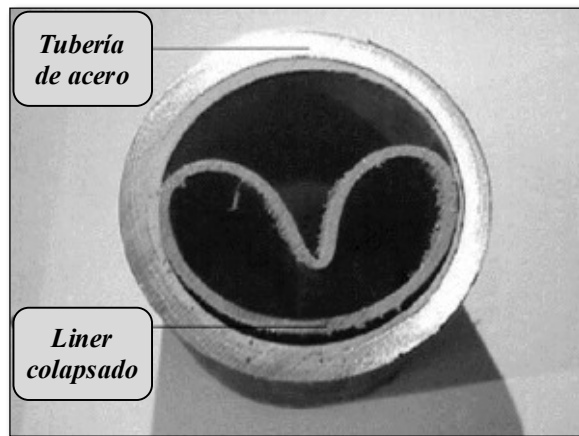
Ensayos de calidad

Al ser un sistema análogo que el revestimiento tricapa externo, se puede utilizar para su control de proceso y de calidad las mismas normas que hoy existen para el tricapa externo (polietileno y/o polipropileno) con mínimas modificaciones debido al cambio de curvatura de externo a interno.

Adicionalmente se debe hacer una calificación de materiales para las distintas condiciones de operación que fundamentalmente son: inmersión y descompresión.

- Los ensayos de inmersión están definidos en la Nace TM0174 poniendo en contacto por un tiempo determinado al recubrimiento con los productos a transportar.
- El ensayo de descompresión se realiza bajo la Norma Nace TM0185 en autoclave de presión con al menos dos ciclos de descompresión en 61 días en un fluido conteniendo tolueno y kerosene en fase líquida y CO₂ en fase gaseosa a temperaturas según el termoplástico a utilizar.

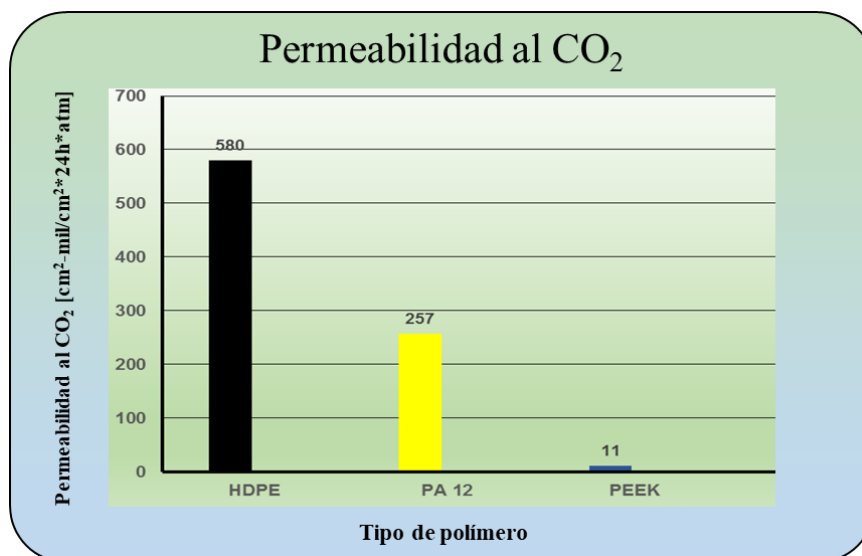
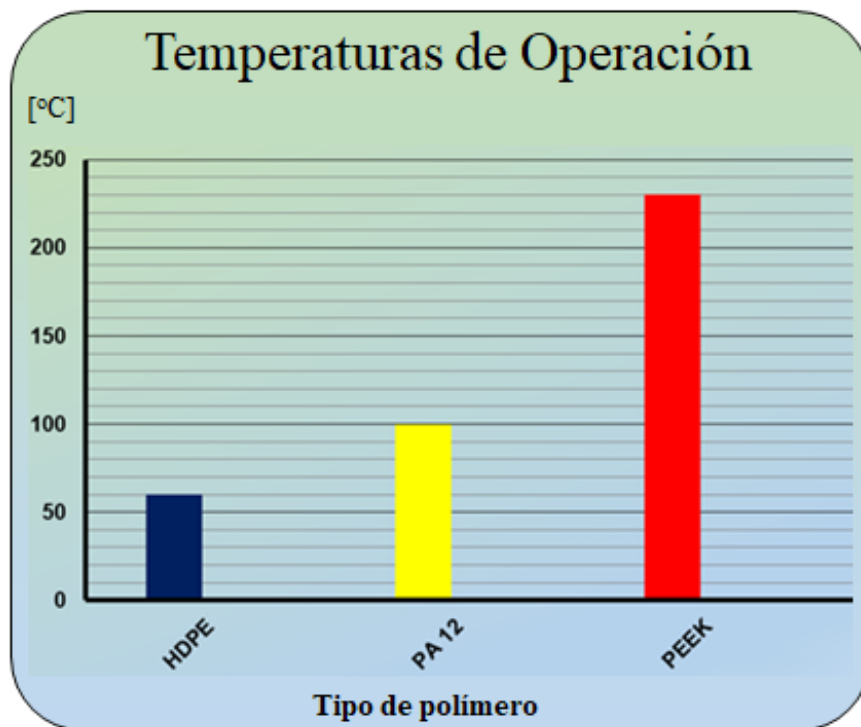




Materiales y Rangos de Uso

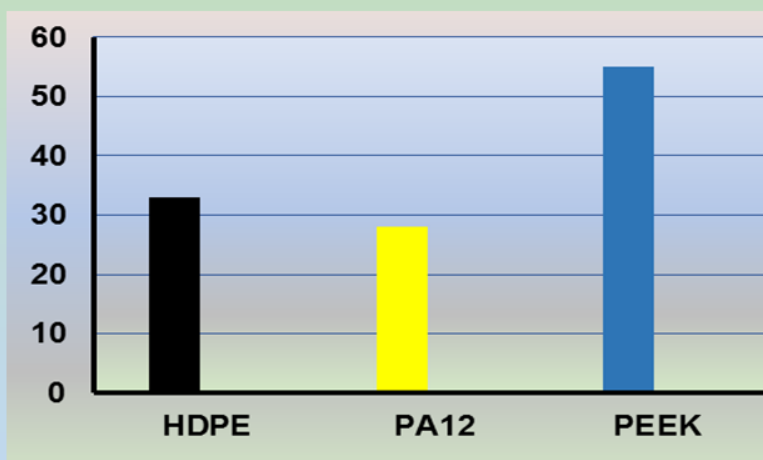
Se han elegido 4 materiales termoplásticos en función de sus características ya probadas en la industria del petróleo como *liners* internos (sin adherencia) y por la existencia de adhesivos conocidos en la industria, a saber:

- Polietileno
- Polipropileno
- Poliamida 12
- PEEK



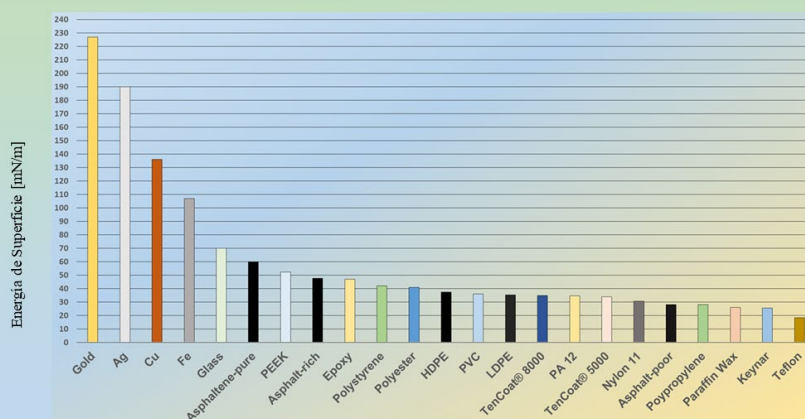
Abrasión Taber

(CS17, carga 1000g, 1000 ciclos)



Tipo de polímero

Energía de Superficie



Energía de superficie para polímeros y metales (a 20 °C)

Conclusiones

Este *paper* muestra un nuevo recubrimiento interno de tuberías de acero con características de protección anticorrosivo y abrasivo usando tecnologías y materiales probados, pero nunca utilizados en forma conjunta internamente, que aprovecha las ventajas de cada sistema actual en forma simultánea.

Obtener un termoplástico totalmente adherido al acero permite ampliar el uso de los termoplásticos y resolver soluciones de corrosión y abrasión en forma simultánea sin tener las limitaciones de las descompresiones de los liners ni los problemas de fragilidad y poros de las resinas termoendurentes.

El sistema de tricapa interno permitirá aplicar distintos termoplásticos a medida que se desarrollen nuevos materiales para usos que aún hoy no tienen fácil solución.