

REVESTIMIENTO PERMEABLE**CAMPO DE LA INVENCION**

Las modalidades se refieren a una composición curable para hacer un material de revestimiento en polvo, un material
5 de revestimiento en polvo hecho a partir de la composición curable, y un revestimiento (también denominado recubrimiento) hecho a partir del material de revestimiento en polvo. El revestimiento se puede formar en la superficie o unirse a ella en un sustrato tal como la superficie interna de
10 tuberías o tubos u otro miembro cilíndrico; y luego la tubería revestida puede ser útil para eliminar y/o capturar contaminantes tales como los radionúclidos y/o sulfuros de los líquidos que pasan a través del pasaje interior de la tubería y que entran en contacto con el revestimiento.

15

INTRODUCCIÓN

La industria del petróleo y gas ha tenido que lidiar continuamente con la cuestión de la presencia de contaminantes en los líquidos de petróleo y gas que se producen en los yacimientos en el fondo de los pozos. Por
20 ejemplo, las aguas residuales recuperadas de los depósitos pueden bombearse a una instalación de tratamiento para eliminar o reducir los productos o contaminantes no deseados (por ejemplo, radionucleidos, H_2S y CO_2). Sería ideal poder eliminar los contaminantes no deseados de las aguas
25 residuales antes de que llegaran a las instalaciones de tratamiento. La eliminación de los productos no deseados de

las aguas residuales antes de llegar a las instalaciones de tratamiento reducirá la generación de residuos peligrosos y reducirá el costo de purificación de las aguas residuales brutas.

5 Hasta ahora, se han propuesto diversos métodos y estructuras de tuberías para eliminar contaminantes de los fluidos que fluyen a través del paso central de las estructuras de tuberías. Los métodos propuestos para eliminar contaminantes se basan comúnmente en revestimientos aplicados
10 a la superficie interna de un sustrato de tubería para aplicaciones de tuberías tradicionales. Por ejemplo, las patentes de Estados Unidos números 8,726,989 y 8,746,335 describen un método para eliminar contaminantes del agua residual en un proceso de fracturación hidráulica. Las
15 patentes anteriores discuten la eliminación de contaminantes durante un proceso de fracturación hidráulica que utiliza un revestimiento de tubería. El revestimiento de tubería incluye una sustancia que captura contaminantes como los materiales tóxicos y radiactivos de las aguas residuales a medida que el
20 agua residual fluye a través de la tubería. El revestimiento en la tubería captura y secuestra los contaminantes en el revestimiento. Sin embargo, los procesos propuestos anteriormente descritos en las patentes de Estados Unidos números 8,726,989 y 8,746,335 no describen la composición del
25 revestimiento, el método de aplicación y la naturaleza de la sustancia que captura el contaminante.

RESUMEN DE LA INVENCION

Las modalidades se pueden realizar proporcionando un revestimiento para captura de contaminantes que incluye un producto curado en una composición que incluye un componente
5 de resina epoxídica que incluye al menos una resina epoxídica modificada con alcanolamina y al menos un endurecedor. El revestimiento para captura de contaminantes incluye al menos un material para captura de contaminantes incrustado en el mismo, y el revestimiento para captura de contaminantes es
10 una capa permeable que tiene una diferencia entre la temperatura de transición vítrea seca y la temperatura de transición de vidrio húmedo de al menos 14°C.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con el propósito de ilustrar las modalidades de ejemplo,
15 se proporcionan las figuras. Sin embargo, debe entenderse que las modalidades no están limitadas a las disposiciones e instrumentación precisas mostradas en las figuras. En las figuras, los elementos similares se referencian con los mismos números.

20 La figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de las capas de una estructura de tubería que incluye una capa de revestimiento permeable de acuerdo con una modalidad de ejemplo.

La figura 2 es una imagen de micrografía (a 10 aumentos)
25 que muestra una vista en sección transversal de las capas de una estructura de tubería que incluye una capa de

revestimiento permeable unida a un sustrato de tubería de acero de acuerdo con una modalidad de ejemplo.

La figura 3 es una vista en sección transversal esquemática de las capas de una estructura de tubería que incluye una capa de revestimiento permeable de acuerdo con una modalidad de ejemplo.

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática que muestra una porción de sección transversal de una estructura de tubería multicapa que incluye una capa de revestimiento permeable y un sustrato de tubería de acero de acuerdo con una modalidad de ejemplo.

La figura 5 es una vista en sección transversal esquemática de una estructura de tubería multicapa que incluye una capa de revestimiento permeable después de retirar la capa de brillo, de acuerdo con una modalidad de ejemplo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En este documento, "permeable", con referencia a un revestimiento o revestimiento polimérico curado, significa que un contaminante no deseado (por ejemplo, radionucleidos, H_2S y CO_2) presente en un líquido tal como el agua, puede penetrar en el revestimiento o revestimiento polimérico. La permeabilidad del revestimiento puede determinarse midiendo la temperatura de transición vítrea (T_g) del revestimiento, antes y después de mojarlo con agua desionizada y correlacionar las mediciones de la T_g con la permeabilidad.

Una reducción en la Tg del revestimiento indicaría que el agua ha penetrado en el revestimiento, poniendo el contaminante en contacto con el compuesto particulado eliminador de contaminantes que se encuentra dentro del revestimiento polimérico. Sorprendentemente, encontramos un aumento dentro del intervalo entre la temperatura de transición vítrea seca y húmeda del revestimiento o revestimiento polimérico curado, cuando se usan resinas epoxídicas sólidas modificadas con alcanolamina, lo que dio como resultado una mayor eliminación de contaminantes. Al eliminar el agua del revestimiento, la Tg resultante debe ser sustancialmente la misma que la Tg inicial del revestimiento antes de mojarlo. Esto indicaría que la difusión del agua y el efecto de plastificación del agua sobre el polímero es el principal impulsor de la permeabilidad del revestimiento y no, por ejemplo, la hidrólisis o saponificación del revestimiento polimérico, lo que sería indeseable ya que la red del polímero estaría comprometida liberando el compuesto radionúclido de eliminación en el medio acuoso. Para el propósito del presente documento, usaremos el rango entre la Tg seca y la húmeda como una medida de la permeabilidad del revestimiento. Las modalidades relacionadas con un revestimiento permeable que puede lograr una diferencia entre la Tg seca y la húmeda de al menos 10°C, al menos 14°C, al menos 15°C y/o al menos 16°C. La diferencia entre la Tg seca y húmeda puede ser inferior a 50°C, inferior a 40°C, inferior a 30°C, inferior a 25°C y/o inferior a 20°C.

Otra forma de medir la permeabilidad del revestimiento es mediante el uso de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), que mide las propiedades dieléctricas de un medio en función de la frecuencia. El Diagrama de Bode obtenido con la EIS muestra el valor absoluto de la impedancia ($\log |Z|/\text{ohms}$) en comparación con la frecuencia ($\log f/\text{Hz}$). La alta impedancia, por ejemplo $> 10^8$ ohmios, a una frecuencia dada, por ejemplo 10^{-1} Hz, después de un día de exposición a una solución de salmuera por ejemplo a 90°C se debe a la resistencia del revestimiento a la permeabilidad en el agua, característica fundamental de los revestimientos usados para protección contra la corrosión. Sin embargo, dado que la composición de revestimiento hace que el polímero sea permeable, se espera que tenga valores de impedancia $< 10^8$ a, por ejemplo, 10^{-1} Hz, después de un día de exposición a una solución de salmuera, por ejemplo, a 90°C . Otra forma de medir la permeabilidad del revestimiento es midiendo el peso del revestimiento antes y después de exponerlo al agua, por ejemplo, a 90°C durante al menos 24 horas. Un aumento de peso de $> 1\%$ del revestimiento y observando que ninguna partícula insoluble del compuesto de eliminación de radionúclidos son partículas del compuesto de eliminación de radionúclidos o sulfuros que se liberan en los medios acuosos indicaría la absorción de agua que tiene el revestimiento permeable. Para el propósito de esta invención, usaremos el rango entre la T_g seca y la húmeda como una medida de la permeabilidad del revestimiento.

"Radionucleido" en este documento significa nucleido radiactivo o un nucleido que es radiactivo tal como, por ejemplo, el radium-226 (o ^{226}Ra).

5 "Eliminación de radionúclidos" en la presente memoria significa un proceso para eliminar o capturar radionucleidos mediante el uso de compuestos captadores de contaminantes tales como BaSO_4 .

Las modalidades se dirigen a una composición epoxi termoendurecible permeable curable capaz de eliminar y/o
10 capturar contaminantes, tales como los radionucleidos, H_2S , y/o CO_2 , por ejemplo, de un medio acuoso. En un amplio alcance, se puede unir un revestimiento o revestimiento polimérico permeable a la superficie interna de los artículos cilíndricos tales como tubos o tuberías; y los artículos
15 cilíndricos que contienen el revestimiento están adaptados para eliminar contaminantes de radionúclidos de líquidos, tales como un medio acuoso, que pasan a través del paso interior de los artículos cilíndricos. Los iones metálicos, tales como el radio divalente, se eliminan del medio acuoso
20 cuando el medio acuoso entra en contacto con la composición epoxídica termoestable que contiene un compuesto insoluble en agua tal como el sulfato de bario.

Las modalidades de ejemplo se refieren a una composición curable para fabricar un revestimiento o recubrimiento (por
25 ejemplo, revestimiento en polvo) que incluye (a) al menos una resina epoxídica, por ejemplo, al menos una resina epoxídica

modificada con alcanolamina; (b) al menos un agente de curado o endurecedor; y (c) al menos un material que captura contaminantes en una cantidad predeterminada para capturar contaminantes. Las modalidades de ejemplo pueden dirigirse a un material de revestimiento en polvo hecho a partir de la composición curable anterior, en donde el polvo es útil para hacer un revestimiento y/o recubrimiento con un intervalo más amplio entre las temperaturas de transición vítrea seca y húmeda. Las modalidades de ejemplo pueden dirigirse a un material de revestimiento fabricado a partir de la composición curable anterior, en donde el revestimiento o recubrimiento es útil para capturar y/o eliminar contaminantes. Las modalidades de ejemplo se pueden dirigir a un sustrato de tubería que tiene el revestimiento permeable anterior o el revestimiento de polímero permeable unido a la superficie interna de la tubería. Las modalidades de ejemplo pueden dirigirse a un proceso para fabricar dicho revestimiento o recubrimiento permeable y la eliminación de la capa brillante del revestimiento o recubrimiento permeable, donde el tubo con el revestimiento lijado es útil para capturar contaminantes de un líquido o gas que pasa por el interior del tubo. Las modalidades de ejemplo pueden dirigirse a un proceso para eliminar contaminantes de un líquido o gas que entra en contacto con el revestimiento o recubrimiento permeable anterior que está unido a un sustrato de tubería que captura contaminantes del líquido que pasa por

el interior del tubo en el revestimiento o recubrimiento permeable anterior.

El revestimiento polimérico permeable puede modificarse para adsorber o capturar contaminantes no deseados (como radionucleidos, H_2S y CO_2), por ejemplo, el revestimiento polimérico permeable, hecho de un polímero termoendurecible tal como un epoxi, puede modificarse para incluir una cantidad suficiente de (c) al menos un material que capture contaminantes como $BaSO_4$, ZnO en una cantidad predeterminada para capturar contaminantes (por ejemplo, al menos aproximadamente 20%). El material particulado (c) que captura contaminantes es útil para absorber, recoger o secuestrar los contaminantes no deseados de un líquido o gas que contenga estos contaminantes. El revestimiento polimérico permeable de la presente invención tiene la ventaja de poder aplicarse dentro de tubos y/o tuberías de fondo de pozos.

Por ejemplo, las modalidades pueden incluir un artículo compuesto de revestimiento permeable, por ejemplo, para la eliminación o captura de radionúclidos y sulfuros. El artículo de material compuesto de revestimiento permeable de la presente invención usa (c) material en partículas que captura contaminantes en la estructura de revestimiento. Por ejemplo, el revestimiento utiliza un material de eliminación de contaminantes incrustado dentro de la estructura del revestimiento permeable. El relleno incorporado, como el sulfato de bario o el óxido de zinc, es el medio para capturar contaminantes. El revestimiento está unido a la

superficie interna de un sustrato, como un tubo o una tubería. Por ejemplo, una vez que el revestimiento se une a la tubería y se retira la capa de brillo, la tubería con el revestimiento queda lista para el servicio.

5 Una modalidad de ejemplo incluye un proceso de fabricación del revestimiento permeable anterior útil para la eliminación y/o captura de contaminantes. En general, el proceso incluye los pasos de: (1) preparar una composición de revestimiento en polvo curable que comprende al menos los
10 siguientes componentes: (a) al menos una resina epoxídica (componente), que incluye al menos una resina epoxídica curable modificada con alcanolamina; (b) al menos un agente de curado o endurecedor; (c) al menos un material captador de contaminantes que comprende al menos un material de relleno
15 incrustado en la resina de polímero, donde al menos un material de relleno está adaptado para eliminar contaminantes (por ejemplo, radionucleidos, H_2S y CO_2) de un líquido o fluido gaseoso en contacto directo con el material de relleno (2) al unir, adherir o juntar la composición curable del paso
20 (1) a la superficie de un sustrato tal como un miembro de tubo para formar un revestimiento permeable unido al sustrato y (3) opcionalmente, retirar la capa brillante del revestimiento permeable. La etapa (2) puede incluir el procesamiento de la composición curable anterior para formar
25 un revestimiento o recubrimiento permeable sobre el sustrato para hacer reaccionar o curar a la composición de la etapa (1).

Dependiendo del tipo de resina epoxídica y endurecedor utilizado, la composición curable se puede aplicar en forma de polvo o líquido a un sustrato de metal (por ejemplo, tubos, tuberías, tanques de contención secundaria utilizados para la extracción, transporte y almacenamiento de aguas residuales y petróleo crudo) o un sustrato de metal recubierto con una primera capa. La composición curable también se puede aplicar a aplicaciones de composite y apuntalante.

En una modalidad de ejemplo, la composición epoxi, termoendurecible, permeable y curable se puede usar para eliminar o capturar contaminantes (por ejemplo, radionucleidos, H_2S y CO_2) del agua residual que se extrae durante la recuperación del petróleo eliminando o al menos reduciendo la necesidad de tratamiento adicional de agua. La composición curable de epoxi termoestable que contiene los contaminantes capturados permanece bajo tierra unida a la tubería revestida.

En una modalidad de ejemplo, la temperatura de transición vítrea seca (T_g) de la composición epoxídica curable puede ser al menos $15^\circ C$ por encima de la T_g húmeda. Sin vincularse a ninguna teoría, se cree que en este intervalo de T_g seco y húmedo, el agua del medio acuoso penetra sustancialmente en la red del polímero permitiendo la eliminación de contaminantes mediante material de relleno incrustado en la resina de polímero.

La preparación del revestimiento permeable puede comenzar con la preparación de una composición curable para fabricar un material de revestimiento en polvo curable que, a su vez, se procesa finalmente para formar el revestimiento.

5 En una modalidad, la composición de revestimiento en polvo curable incluye: (a) al menos una resina epoxídica modificada con alcanolamina, y opcionalmente al menos otra resina epoxídica; (b) al menos un endurecedor; (c) al menos un material que captura contaminantes, donde la cantidad de
10 material que captura contaminantes es mayor a 25 por ciento en peso. Para hacer la composición de revestimiento en polvo curable que contiene un mecanismo de eliminación de radionúclidos o sulfuros por ejemplo se incluye la mezcla de los compuestos o componentes anteriores y cualquier
15 componente opcional a una temperatura y tiempo suficiente para preparar una composición curable eficaz.

La composición curable anterior también puede incluir materiales opcionales tales como, por ejemplo, un adyuvante de flujo, de nivelación y de dispersión a una concentración
20 de aproximadamente 0.2% en peso a aproximadamente 2% en peso. Por ejemplo, estos adyuvantes pueden incluir un copolímero basado en acrílico como Modaflow powder III disponible de Cytec; Resiflow PF67 disponible de Estron Chemical; y BYK-360 P, disponible de BYK Chemie, un aditivo de procesamiento en
25 polvo a base de cera con grupos afín de pigmentos para revestimientos en polvo como BYK-3950 P, BYK-3951 P de BYK-Chemie GmbH, útil para mejorar el procesamiento y dispersión

de pigmentos y rellenos) para dispersar homogéneamente los componentes anteriores, particularmente el material particulado anterior. La composición curable también puede incluir opcionalmente un acelerador que incluye, entre otros, imidazoles, anhídridos, poliamidas, aminas alifáticas, aductos de resina epoxídica-amina y aminas terciarias. Un acelerador puede estar presente en la composición de revestimiento a una concentración de aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 3% en peso. Un ejemplo de un acelerador adecuado comercialmente disponible incluye, entre otros, EPI-CURE Curing Agent P101, disponible en Hexion Specialty Chemicals o 2-metilimidazol disponible en Sigma-Aldrich.

La composición de revestimiento polimérico incluye, por ejemplo, una resina polimérica tal como, y epoxi, fenólico, poliuretano, poliurea, híbridos, éster de vinilo, siliconas y poliésteres y similares, preferiblemente una resina epoxídica tal como una resina epoxídica sólida (SER) o una resina epoxídica como una resina epoxídica líquida (LER), entre otras.

La composición de epoxi curable se puede aplicar en forma de polvo dentro del tubo de fondo de pozos o tuberías con el uso de un equipo conocido por los expertos en la técnica para formar el revestimiento permeable de la presente invención. La composición de epoxi curable se puede aplicar directamente al metal (DTM), sobre una primera capa, o sobre una capa intermedia. La composición de epoxi curable se puede

aplicar a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) y luego se puede hornear a una temperatura de, por ejemplo, desde aproximadamente 120°C hasta aproximadamente 240°C. En otras modalidades, la temperatura de cocción puede ser mayor o igual a 120°C, mayor o igual a 150°C, mayor o igual a 200°C y mayor o igual a 240°C. El polímero permeable también se puede aplicar como un polvo en un tubo o tubería que se ha precalentado a una temperatura de aproximadamente 150°C a aproximadamente 240°C. En otras modalidades, la temperatura de precalentamiento puede ser mayor o igual a aproximadamente 150°C, mayor o igual a 200°C, y mayor o igual a 240°C para formar el revestimiento permeable.

En otra modalidad, la eliminación de la capa de brillo del revestimiento permeable de la presente invención se puede lograr usando la limpieza por chorro con abrasivos (por ejemplo, limpieza abrasiva). Por ejemplo, en una modalidad, la composición epoxi curable se puede disolver primero en xileno u otros disolventes adecuados o una combinación de los mismos; y luego se aplicará en forma líquida dentro del tubo de fondo de pozos o tuberías usando el equipo y un programa de curado conocido por los expertos en la técnica para formar el revestimiento permeable. El proceso para formular la composición de revestimiento polimérico puede ser un proceso por lotes, un proceso intermitente o un proceso continuo usando un equipo bien conocido por los expertos en la técnica.

La resina polimérica (componente epoxi) puede incluir al menos una resina epoxídica modificada con alcanolamina,

componente (a), para formar un revestimiento polimérico. Por ejemplo, la resina epoxídica modificada con alcanolamina puede ser un líquido de resina epoxídica sólida.

Por ejemplo, el material de alcanolamina útil en el
5 proceso puede incluir, por ejemplo, una o más alcanol aminas, alcanolaminas tales como dietanolaminas, etanolaminas, 2-amino-1-butanol, 2-amino-2-metil-1-propanols, 2-amino-2-etil-1,3-propanodiolos, tris(hidroximetil)aminometanos, 2-amino-2-metil-1,3-propanodiolos, monometilaminoetanoles,
10 isopropilaminoetanos, t-butilaminoetanoles, etilaminoetanoles, n-butilaminoetanoles, isopropanolaminas, diisopropanolaminas, dietanolaminas, tris(hidroximetil)aminometanos. En otra modalidad de ejemplo, las alcanolaminas son tris(hidroximetil)aminometanos.

15 Por ejemplo, se puede usar resina epoxídica modificada con tris (hidroximetil) aminometano (THAM) en la composición de epoxi curable de la presente invención para aumentar el intervalo entre la temperatura de transición vítrea seca y la húmeda.

20 Alcanolaminas que también se pueden usar como agentes de curado o endurecedores en revestimientos de FBE para aumentar el rango entre la temperatura de transición vítrea seca y la húmeda. Por ejemplo, los tris(hidroximetil)aminometanos se comercializan bajo el nombre TRIS AMINO por The ANGUS
25 Chemical Company; las dietanolaminas se comercializan bajo el nombre de dietanolamina por Aldrich Chemical Co., Inc.; los

2-amino-2-metil-1,3-propanodiolos se comercializan bajo el nombre AMPDTM por ANGUS Chemical Company; los 2-amino-1-butanoles se comercializan bajo el nombre AB por ANGUS Chemical Company; los 2-amino-2-metil-1-propanoles se comercializan bajo el nombre de AMP por ANGUS Chemical Company; y los 2-amino-2-etil-1,3-propanodiolos se comercializan bajo el nombre de AEPD por ANGUS Chemical Company. Los aductos epoxi THAM también se pueden usar en la composición epoxi curable de la presente invención, para aumentar el intervalo entre la temperatura de transición vítrea seca y la húmeda.

La concentración de la resina epoxídica modificada con alcanolamina usada en la composición curable puede variar de aproximadamente 10% en peso a aproximadamente 60% en peso en una modalidad, de aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 50% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 40% en peso en otra modalidad más. Sin pretender estar sujetos a esta teoría, si hay muy poca resina epoxídica sólida modificada con alcanolamina en la capa de gel, puede no haber suficiente material para permitir que el agua permee el revestimiento y aumente el rango entre la temperatura de transición vítrea seca y húmeda. Si hay demasiada resina epoxídica sólida modificada con alcanolamina en la capa de gel, puede no haber suficiente material particulado que capture contaminantes para eliminar el contaminante de interés.

Se puede usar cualquier resina epoxídica, que incluye mezclas de resinas epoxídicas líquidas y sólidas, que sea sólida a temperatura ambiente (es decir, aproximadamente 25°C) en la composición curable. Las modalidades ejemplares

5 incluyen al menos una resina epoxídica modificada con alcanolamina (a) que comprende una resina epoxídica sólida que contiene, por ejemplo, de 0.5 a 2.0% de tris(hidroximetil)aminometano (THAM) en una resina epoxídica de una resina epoxídica de 1.5 a 10 tipos. en una modalidad.

10 La resina epoxídica puede ser, por ejemplo, una resina epoxídica sólida de tipo 2 a 9 en una modalidad; y la resina epoxídica puede ser, por ejemplo, una resina epoxídica sólida de tipo 2 a 7 en todavía una modalidad, como lo define Pham, H. Q.; Marks, M. J., Resinas Epoxídicas en la Enciclopedia

15 Ullmann de Química Industrial; Wiley-VCH: Weinheim, 2005; y comercialmente disponible de Olin Epoxy, una división Olin Corporation, bajo sus resinas epoxídicas de la serie D.E.R 600. Además, cualquier resina con terminación epoxi que incluye, pero no se limita a: resinas epoxídicas "Taffy";

20 resinas epoxídicas sólidas basadas en bisfenol F; resinas epoxídicas sólidas bromadas; y resinas epoxídicas basadas en oxazolidinona e isocianurato pueden utilizarse en lugar de o en combinación con las resinas epoxídicas de la serie DER 600. Además, las novolacas funcionalizadas con resinas epoxídicas

25 sólidas y líquidas también se pueden utilizar en la composición curable. Los novolacs se pueden usar solos o mezclados con una o más resinas epoxídicas sólidas terminadas.

Otras resinas epoxídicas que pueden usarse en la composición curable (por ejemplo, en combinación con la resina epoxídica sólida modificada con alcanolamina) pueden incluir, por ejemplo, D.E.R. 662-E, D.E.R. 663-UE, D.E.R. 664-UE, D.E.R. 664-U, D.E.R. 664-HA, D.E.R. 664U-20, D.E.R. 642U, D.E.R. 642U-20, D.E.R. 672U, D.E.R., resinas epoxídicas 672U-20 comercialmente disponibles de Olin Epoxy; y mezclas de las mismas.

Una cantidad total de resinas epoxídicas (incluida la resina epoxídica modificada con alcanolamina) en la composición curable puede oscilar entre aproximadamente 10% en peso y aproximadamente 60% en peso en una modalidad, desde aproximadamente 20% en peso hasta aproximadamente 50% en peso en otra modalidad, y desde aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 45% en peso en otra modalidad más.

La composición de revestimiento curable incluye un agente de curado o endurecedor como componente (b). El endurecedor puede ser cualquier agente de curado convencional utilizado para curar una resina termoendurecible. Por ejemplo, el endurecedor puede incluir un endurecedor fenólico o de amina para curar la resina epoxídica modificada con alcanolamina. En una modalidad de ejemplo, el agente de curado puede incluir, por ejemplo, una o más aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, polieteteraminas y mezclas de las mismas.

Los ejemplos no limitantes de agentes de curado adecuados incluyen, pero no se limitan a: agentes de curado de amina tales como la diciandiamida, diaminodifenilmetano y diaminodifenilsulfona, poliamidas, poliaminoamidas, tioles
 5 poliméricos, ácidos policarboxílicos y anhídridos tales como anhídrido ftálico, anhídrido tetrahidroftálico (THPA), anhídrido metil tetrahidroftálico (MTHPA), anhídrido hexahidroftálico (HHPA), anhídrido metil hexahidroftálico (MHHPA), anhídrido metil nadico (NMA), polianhídrido
 10 poliazeálico, anhídrido succínico, anhídrido maleico y copolímeros de estireno-anhídrido maleico, así como agentes de curado fenólicos tales como resinas fenólicas de novolaca; y mezclas de los mismos.

Los ejemplos de endurecedores o agentes de curado adecuados comercialmente disponibles se describen en, por
 15 ejemplo, el documento WO2010096345A1. Los ejemplos pueden incluir Dicyandiamid AB 04, disponible de Degussa Corporation; XZ 92769.01, D.E.H 80, 82, 85 y D.E.H 87 Epoxy Curing Agent, disponible de Olin Corporation; Amicure CG, Amicure CG-NA,
 20 Amicure CG-325, Amicure CG-1200, Amicure CG-1400, Dicyanex 200-X, Dicyanex 325 y Dicyanex 1200, disponibles en Air Products and Chemicals, Inc .; Dyhard 100M, disponible de AlzChem LLC; y Aradur 3082, 9664-1 y 9690 disponibles de Huntsman Advanced Materials.

25 La concentración del endurecedor para los revestimientos en polvo curables usados en la composición curable puede variar de aproximadamente 10% en peso a aproximadamente 20%

en peso en una modalidad, de aproximadamente 7.5% en peso a aproximadamente 15% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 10% en peso en otra modalidad más.

5 Los revestimientos permeables de la presente invención contienen (c) al menos un material captador de contaminantes, que puede contener un metal similar al ion radionúclido específico para eliminarse del medio acuoso. Como se describe en el documento EP 0071810 B1, un metal es similar al ion
10 radionucleido específico que debe eliminarse del medio acuoso si el metal formará un compuesto insoluble en agua capaz de eliminar el ion radionúclido específico de la solución acuosa y retener el ion metálico específico durante el contacto continuo con el medio acuoso. Preferiblemente, el metal
15 similar es químicamente similar al metal específico, según lo que indica la Tabla Periódica de los Elementos. De forma ilustrativa, el metal similar puede estar en el mismo grupo de la Tabla Periódica de los Elementos que el ion radionúclido específico, más preferiblemente a partir de un
20 período adyacente al periodo del ion radionúclido específico. En el caso de la transición y los metales de transición internos, el metal similar puede ser el elemento adyacente o cercano al metal especificado en el mismo período de la Tabla Periódica de los Elementos. Por ejemplo, cuando el radio es
25 el ion radionúclido específico, el metal similar es el bario en una modalidad preferida, sin embargo, también se pueden usar estroncio y calcio. Por lo tanto, los compuestos

insolubles en agua en forma de un material particulado, componente (c), añadidos a la composición de resina polimérica para formar un revestimiento polimérico permeable pueden incluir, por ejemplo, BaSO_4 y mezclas que contienen BaSO_4 .

En una modalidad de ejemplo, el material particulado puede incluir, por ejemplo, una o más formas o tamaños de sulfato de bario (BaSO_4). Una de las propiedades beneficiosas del material particulado incluye la capacidad del material particulado para capturar y atrapar un radionúclido con el radionúclido que entra en contacto directo con el material particulado. El tamaño de partícula del sulfato de bario puede afectar el grado de eliminación de radio. Por lo tanto, el tamaño de las partículas de sulfato de bario puede ser de aproximadamente 1.0 micra a aproximadamente 9 micras en una modalidad general. En otras modalidades del tamaño de las partículas de sulfato de bario puede incluir diversos intervalos tales como de aproximadamente 6.5 micrómetros a aproximadamente 9 micrómetros en una modalidad, de aproximadamente 3.2 micrómetros a aproximadamente 6.5 micrómetros en otra modalidad, y de aproximadamente 1.0 micrómetros a aproximadamente 3.2 micrómetros.

La concentración del material particulado puede variar de aproximadamente 5% en peso a aproximadamente 90% en peso en una modalidad, de aproximadamente 15% en peso a aproximadamente 85% en peso en otra modalidad, de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 80% en peso en

otra modalidad más, de aproximadamente el 45% en peso a aproximadamente el 65% en peso en otra modalidad más. Sin pretender estar sujeto a esta teoría, si hay muy poco material particulado en la capa de gel, puede que no haya
5 suficiente material para capturar el contaminante de interés. Si hay demasiado material particulado en la capa de gel, la unión entre capas y dentro de la capa puede no ser suficiente para formar un artículo homogéneo.

La concentración del material particulado puede resultar
10 como una ventaja con el uso de agentes endurecedores y/o flexibilizadores para mantener la resistencia al impacto y la flexibilidad de los revestimientos. Los ejemplos de agentes y flexibilizadores de endurecimiento son los copolímeros de bloques anfifílicos (por ejemplo, FORTEGRA 100, y FORTEGRA
15 104, disponible de Olin Corporation), el elastómero de butadieno-acrilonitrilo terminado en carboxilo como FORTEGRA 201 disponible de Olin Corporation; Ethoflex ER, disponible de Ethox Chemicals, LLC; B Dough A y B-Tough C disponibles de Croda; los acrilatos de uretano como VORASPEC™ 58 o VORASPEC™
20 100 disponibles en The Dow Chemical Company.

La composición de revestimiento curable puede incluir además un material hidrófilo como componente. Por ejemplo, el material hidrófilo puede ser cualquier alcanolamina o un líquido modificado con alcanolamina de resinas epoxídicas
25 sólidas modificadas, un acrilato de uretano, un copolímero de bloques o un prepolímero de isocianato hidrófilo. Por ejemplo, el material hidrófilo puede incluir un endurecedor de

alcanolamina para curar la resina epoxídica o una resina epoxídica modificada con alcanol amina. El material hidrófilo útil en el proceso pueden incluir, por ejemplo, una o más aminas de alcanol las alcanolaminas tales como dietanolaminas, etanolaminas, 2-amino-1-butanol, 2-amino-2-metil-1-propanoles, 2-amino-2-etil-1,3-propanodiolos, tris(hidroximetil)aminometanos, 2-amino-2-metil-1,3-propanodiolos, monometilaminoetanolos, isopropilaminoetanolos, t-butilaminoetanolos, etilaminoetanolos, n-butilaminoetanolos, Isopropanolaminas, diisopropanolaminas, dietanolaminas, tris(hidroximetil)aminometanos. En otra modalidad preferida, las alcanolaminas son tris(hidroximetil)aminometanos.

Las composiciones de revestimiento pueden pigmentarse o llenarse con otros aditivos, incluidos los pigmentos, que pueden ser orgánicos o inorgánicos, por ejemplo, dióxido de titanio o de núcleo hueco o vacío que contiene pigmentos de polímero, y el color, por ejemplo, óxidos de hierro, micas, escamas de aluminio y escamas de vidrio, pigmentos de sílice, o pigmentos orgánicos, tales como las ftalocianinas, y protección contra la corrosión, por ejemplo, el zinc, fosfatos, molibdatos, cromatos, vanadatos, ceratos, además de durabilidad y dureza tales como los silicatos. Generalmente, cuando se incluyen pigmentos en las composiciones de revestimiento, la relación en peso de pigmento con el sólido total de resina epoxídica y endurecedor puede variar de aproximadamente 0.1:1 a aproximadamente 5:1 en una modalidad

y de aproximadamente 0.1: 1 a aproximadamente 2:1 en otra modalidad.

Las composiciones de revestimiento pueden incluir otros aditivos convencionales en cantidades convencionales, que
5 incluyen, por ejemplo, disolventes, modificadores de la reología, dispersantes, siliconas o agentes humectantes, promotores de la adhesión o agentes de flujo y nivelación.

La concentración de los aditivos opcionales usados en las composiciones de revestimiento puede variar desde 0% en
10 peso a aproximadamente 5% en peso, desde aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 3% en peso y/o de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 1% en peso. Por debajo del rango recomendado, el revestimiento podría no formar una buena película y por encima del rango recomendado limitaría
15 la cantidad de material particulado que captura el contaminante que se puede agregar al revestimiento permeable.

En general, el proceso para fabricar el revestimiento permeable útil para la eliminación de radionúclidos o sulfuros incluye las etapas de: (I) proporcionar una
20 composición curable que comprende al menos los siguientes componentes: (a) al menos una resina epoxídica modificada con alcanolamina; (b) al menos un agente de curado o endurecedor; y (c) al menos un material para captura de contaminantes que comprende al menos un material de carga incrustado en la
25 resina de polímero; en donde el material de relleno está adaptado para eliminar los contaminantes de radionúclidos y/o

sulfuros de un fluido líquido en contacto íntimo con el material de relleno; (II) aplicar la composición curable de la etapa (I) sobre la superficie de un sustrato tal como el miembro de una tubería; (III) unir la composición curable del

5 paso (I) sobre la superficie del sustrato para formar un revestimiento permeable unido al sustrato y (IV) eliminar la capa brillante del revestimiento permeable. Por ejemplo, la composición se puede curar calentando de manera que los compuestos en la composición de revestimiento en polvo

10 curable reaccionen para formar una matriz polimérica curada que esté incrustada con el material que captura contaminantes.

Por ejemplo, el primer paso (I) del proceso incluye mezclar los componentes requeridos para hacer la composición de revestimiento en polvo curable tal como, por ejemplo: (i)

15 una resina epoxídica modificada alcanolamina, (ii) un agente de curado tal como una amina o fenólico endurecedor para curar la resina epoxídica, (iii) un material particulado que captura contaminantes, como cristales o partículas de BaSO_4 o ZnO ; y cualquier otro aditivo opcional deseado.

20 A continuación, la mezcla puede procesarse en condiciones para formar un revestimiento o recubrimiento permeable que incluye curar la mezcla anterior a una temperatura y tiempo predeterminados para formar un revestimiento o recubrimiento permeable eficaz. La

25 temperatura de curado generalmente puede estar dentro del intervalo de aproximadamente 120°C a aproximadamente 250°C en una modalidad. El curado se puede llevar a cabo a diversos

intervalos de temperatura que incluyen, por ejemplo, de aproximadamente 120°C a aproximadamente 150°C en una modalidad, de aproximadamente 150°C a aproximadamente 200°C en otra modalidad y de aproximadamente 200°C a aproximadamente 250°C en otra modalidad más. Si la composición de epoxi curable se aplica por debajo de la temperatura de curado recomendada, el revestimiento permeable puede no estar completamente curado. Si la composición de epoxi curable se aplica por encima de la temperatura de curado recomendada, el revestimiento permeable puede degradarse. En ambos casos, el material en partículas que captura el contaminante podría no retenerse en el revestimiento permeable.

El tiempo de calentamiento para formar el revestimiento puede ser, por ejemplo, generalmente de aproximadamente 3 minutos (min) a aproximadamente 120 minutos en una modalidad, de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 60 minutos en otra modalidad y de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos en otra modalidad más. En general, el tiempo de calentamiento para el revestimiento dependerá de la composición y la reactividad de la composición de resina. Un tiempo de curado demasiado largo puede degradar el revestimiento del polímero; y muy poca temperatura de curado puede permitir que el revestimiento no se cure correctamente.

La eliminación de la capa de brillo del revestimiento en el polímero se logra mediante el uso de limpieza con chorro de abrasivo (limpieza abrasiva) como se describe en la

especificación de preparación de superficie SSPC-SP16 Limpieza con chorro de abrasivo de metales no ferrosos de The Society for Protective Coatings. La limpieza abrasiva del revestimiento puede eliminar, por ejemplo, de aproximadamente 5 10 a aproximadamente 100 micrómetros en una modalidad, de aproximadamente 20 a 50 micrómetros en otra modalidad. En general, la limpieza abrasiva del revestimiento dependerá del grosor de la capa de brillo del revestimiento en el curado. Demasiada limpieza abrasiva podría dañar el revestimiento o 10 eliminar demasiado del revestimiento permeable; y demasiado poca limpieza abrasiva no eliminaría la suficiente capa de brillo, reduciendo la eficacia del revestimiento para capturar, por ejemplo, radionucleidos y/o sulfuros; la eliminación de la capa de globos podría ser opcional si la 15 capa de brillo contiene una cantidad significativa de agujeros de alfiler.

La composición para el revestimiento se hace usando un equipo para mezclar revestimientos en polvo y específicamente epoxi unido por fusión conocido por los expertos en la 20 técnica, por ejemplo, la superficie interna del elemento de un tubo. El procedimiento de la presente invención para aplicar la composición sobre el miembro de una tubería incluye, por ejemplo, pulverizar, curar y templar el miembro de una tubería como lo conocen y practican los expertos en la 25 técnica. La composición de revestimiento curable de la presente invención se puede aplicar a un sustrato, por ejemplo, tuberías y tubos, en el campo o en una instalación

de fábrica. Las composiciones de revestimiento de la presente invención también son adecuadas para revestir tuberías sin revestimientos sobre las mismas o tubos con un revestimiento anticorrosivo sobre las mismas, y para aplicaciones de
5 revestimiento de mantenimiento. El proceso de formar la capa de revestimiento de la presente invención y aplicar el revestimiento a un sustrato puede ser un proceso discontinuo, un proceso intermitente o un proceso continuo usando un equipo bien conocido por los expertos en la técnica.

10 Con referencia a la figura 1, se muestra un artículo multicapa, en este caso, una estructura cilíndrica, generalmente indicada con el número 10. La estructura cilíndrica puede ser, por ejemplo, una estructura de tubería
10 que incluye una capa de revestimiento o recubrimiento 11
15 (en este documento es "capa de revestimiento 11") unida integralmente a la superficie interna 12a de una capa de sustrato 12 tal como una tubería de acero. La superficie interna 11a de la capa de revestimiento 11 forma el espacio interior de la estructura del tubo que se indica con el
20 número 13. Como se muestra en la figura 1, un material de partícula de relleno 14 se incrusta y se incorpora integralmente en la capa de revestimiento 11.

Con referencia a la figura 2, se muestra una imagen de micrografía de un artículo multicapa, en este caso una
25 sección de una estructura de tubería, generalmente indicada con el número 20. La estructura cilíndrica del tubo estratificado 20 incluye una capa de revestimiento 21 que

tiene una superficie interna 21a y una superficie externa 21b; y un sustrato de tubería 22 con una superficie interna 22a y una superficie externa 22b. La capa de revestimiento 21 está unida integralmente a la superficie interna 22a de un tubo 22 tal como un tubo de acero 22. La figura 2 también muestra una pluralidad de material en partículas 23, tal como el sulfato de bario o partículas de óxido de zinc 23, incrustado e incorporado integralmente en el revestimiento 21.

La composición de revestimiento en polvo de la presente invención se puede aplicar directamente a un sustrato metálico como se muestra en la figura 1. Sin embargo, en entornos altamente corrosivos es deseable añadir una primera capa entre la superficie interna 12a y la superficie externa 11b, es decir, entre la capa del sustrato 12 y la capa del revestimiento 11 como se muestra en la figura 3 como primera capa 31. Con referencia a la figura 3, se muestra una primera capa 31 situada entre la capa de revestimiento 11 y la capa de sustrato 12, es decir, tal como un miembro del tubo 12. La primera capa puede ser cualquiera de los productos comercialmente disponibles para aplicaciones de fondo de pozo como el Nap-Gard® No. 7-1808, la primera capa a base de agua Scotchkote 500N, la primera capa fenólica y líquida Scotchkote 345, KARUMEL PP100, y mezclas de los mismos.

Con referencia a la figura 4, se muestra un artículo multicapa, en este caso una sección de una estructura de tubería, generalmente indicada con el número 40. La estructura estratificada y cilíndrica del tubo 40 tal como

una tubería de acero 40 incluye una capa de revestimiento 41 que tiene una superficie interna 41a y una superficie externa 41b; y un sustrato de tubería 42 con una superficie interna 42a y una superficie externa 42b. La primera capa 31 está
5 unida integralmente entre la capa de revestimiento 41 y el miembro de tubo 42. La primera capa 31 puede estar unida integralmente a la superficie interna 42a del tubo 42 y estar fijada integralmente a la superficie externa 41b del revestimiento 41. La figura 4 también muestra una pluralidad
10 de materia particulada 43, tal como sulfato de bario o de ZnO de partículas 43, incorporadas integralmente al revestimiento 41.

En otra modalidad como se muestra en la figura 5, se puede añadir una capa intermedia 51 al elemento de
15 revestimiento 50. Con referencia a la figura 5, si se usa la capa intermedia 51, puede disponerse entre la primera capa 31 y la capa de revestimiento 11. La estructura de la tubería cilíndrica 50 tal como una tubería de acero 50 incluye una capa de revestimiento 11 que tiene una superficie interna 11a
20 y una superficie externa 11b; y un sustrato de tubería 12 con una superficie interna 12a y una superficie externa 12b. La capa intermedia 51 está unida integralmente entre la primera capa 31 y la capa de revestimiento 11. La capa intermedia 51 puede estar unida integralmente a la superficie externa 31a
25 de la primera capa 31 y estar unida integralmente a la superficie interna 51a de la primera capa intermedia 51. La figura 5 también muestra una pluralidad de materia

particulada 14, tal como el sulfato de bario o de ZnO de partículas 14, incorporadas integralmente al revestimiento 11.

La capa intermedia del revestimiento en polvo de la presente composición puede ser cualquier líquido comercial de revestimiento en polvo como Scotchkote™ Fusion-Bonded Epoxy Coating XC-6171, KARUMEL FBE IC4888, Nap-Gard® 7-0008, 7-18014, 7-18017, PIPECLAD PFG70002, revestimientos de TK y mezclas de los mismos. Scotchkote es una marca registrada de 3M, Nap-Gard es una marca registrada de Axalta, KARUMEL es una marca registrada de KCC, PIPECLAD es una marca registrada de Valspar. TK es una marca registrada de NOV Tuboscope. La composición de la presente invención se puede aplicar usando el mismo proceso utilizado para aplicar la primera capa y las capas intermedias mencionadas anteriormente.

Con referencia de nuevo a la figura 1, el revestimiento 11 (de aquí en adelante denominado "capa de revestimiento") del artículo 10 (de aquí en adelante denominado "tubo") puede estar hecho de cualquier resina convencional que sea polimérica y curable y que incluya, por ejemplo, una resina termoendurecible, una resina termoplástica o una combinación de las mismas. En una modalidad preferida, la composición de resina de la capa de revestimiento incluye cualquiera de las resinas epoxídicas descritas anteriormente tales como, por ejemplo, las resinas basadas en bisfenol-A, resinas basadas en bisfenol-F, y otros epóxidos conocidos y resinas curables (termoendurecibles); y mezclas de los mismos. Por ejemplo, en una modalidad preferida, la capa de revestimiento 11 puede

estar hecha de una resina termoendurecible tal como una o más resinas epoxídicas.

Una de las propiedades clave de la capa de revestimiento 11 es su capacidad de eliminar contaminantes tales como el radio 226 o sulfuros. Para esta capacidad, la capa de revestimiento 11 contiene una pluralidad de partículas 14 incorporadas integralmente en el cuerpo de la capa de revestimiento 11. Las partículas 14 pueden ser, por ejemplo, sulfato de bario (BaSO_4 o ZnO) o cualquiera de los materiales de captura de contaminantes descritos anteriormente.

En una modalidad, la capa de revestimiento 11 del tubo 10 de la presente invención se adhiere a una capa de sustrato de tubería 12. La capa de sustrato de tubería 12 puede estar hecha de un metal tal como el acero, un material compuesto o una combinación de los mismos. En una modalidad preferida, la capa de sustrato de tubería 12 está hecha de acero. Como se muestra en la figura 1, la capa de revestimiento 11 está unida integralmente a la superficie interna 12a de la capa de sustrato de tubería de acero 12. La tubería de acero utilizada en la presente invención puede incluir, por ejemplo, tuberías que cumplen con la especificación de la API 5CT también llamada Productos Tubulares de Región Petrolífera (OCTG) producidos por TENARIS, SANDVIK, TECHNIP, VALLUREC, ArcelorMittal entre otras. Además, una composición como la composición en polvo pueden aplicarla compañías como Bredero-Shaw y Tuboscope entre otras.

Después de la eliminación preferible de la capa de brillo, el espesor de la capa de revestimiento 11 del tubo 10 puede ser generalmente de aproximadamente 1,500 micras a aproximadamente 7,500 micras en una modalidad, de aproximadamente 500 micras a aproximadamente 2,500 micras en otra modalidad y de aproximadamente 250 micras a aproximadamente 1,300 micras en otra modalidad más, y de aproximadamente 130 micras a aproximadamente 700 micras en otra modalidad más.

10 Puede añadirse cualquier número de capas opcionales a la construcción estratificada del artículo 10. Por ejemplo, se puede hacer una primera capa opcional de productos disponibles comercialmente para aplicaciones de fondo de pozo tales como Nap-Gard® N.º 7-1808, y cualquiera de las otros
15 productos comerciales descritos anteriormente. En una modalidad preferida, la capa opcional, si se usa, puede estar hecha específicamente de cualquier líquido comercial de revestimientos en polvo, como Scotchkote™ Fusion-Bonded Epoxy Coating XC-6171 y cualquiera de los otros productos
20 comerciales descritos anteriormente. La primera capa y la capa intermedia mencionadas anteriormente se pueden aplicar al sustrato y/ u otras capas usando el mismo proceso utilizado para aplicar la composición curable (revestimiento) como se describió anteriormente. Una de las propiedades
25 beneficiosas de la primera capa y/o capa intermedia es proporcionar protección contra la corrosión a la tubería de

acero y una buena adhesión a la composición de la presente invención.

En una modalidad, la capa opcional de la estructura del artículo, tal como la tubería 10 de la presente invención,
5 puede adherirse entre la superficie interna 12a de la capa de sustrato 12 y la superficie externa 11b de la capa de revestimiento 11.

El espesor de la primera capa opcional del tubo 10 puede ser generalmente de aproximadamente 500 micras a
10 aproximadamente 1,000 micras en una modalidad, desde aproximadamente 250 micras a aproximadamente 500 micras en otra modalidad y de aproximadamente 100 micras a aproximadamente 200 micras en otra modalidad más.

El grosor de la capa intermedia opcional del tubo 10
15 puede ser generalmente de aproximadamente 1,000 micras a aproximadamente 2,000 micras en una modalidad, de aproximadamente 500 micras a aproximadamente 1,000 micras en otra modalidad y de aproximadamente 250 micras a aproximadamente 500 micras en otra modalidad más.

20 En su alcance más amplio, la presente invención incluye un artículo que contiene una capa de revestimiento para eliminar contaminantes tales como los radionucleidos o sulfuros; y el revestimiento incluye unir al menos una capa de revestimiento 11 a la superficie interna 12a de una capa
25 de sustrato 12 para formar un único artículo tal como un tubo 10. La estructura del tubo 10 se muestra en la figura 1 con

dos capas (11 y 12) para formar una construcción de múltiples capas. Sin embargo, el número de capas para la tubería 10 no está limitado a las capas como se muestra en la figura 1. Cualquier cantidad de capas puede constituir la estructura general de tuberías multicapa 10. Por ejemplo, el número de capas generalmente puede ser de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 en una modalidad, de aproximadamente 1 a aproximadamente 4 en otra modalidad y de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 en otra modalidad más.

La presente invención incorpora a la capa de revestimiento 11 utilizada para fabricar un tubo 10, un mecanismo para eliminar los radionucleidos y sulfuros (por ejemplo, cristales o partículas de BaSO_4 o ZnO) y otros contaminantes, dando como resultado un tubo ligero para la captura de contaminantes. Además, dado que la capa de revestimiento eliminador de contaminantes 11 está fabricada para adaptarse al diámetro de la tubería, el diámetro de la tubería no está limitado, es decir, la tubería puede hacerse muy estrecha, lo que es ventajoso porque con una tubería estrecha, el usuario de la tubería no requiere un metal grueso incluso para situaciones de alta presión (por ejemplo, fracturación hidráulica). Al tener lugar la captura de radios o sulfuros en el propio tubo compuesto, en el pozo de descarga en lugar de en el suelo, se tiene la ventaja de poder eliminar o disminuir la necesidad de un tratamiento al agua en la superficie del suelo y otros fluidos que salen del pozo.

Con la capa de revestimiento 11, preferiblemente sin la capa de brillo, que forma parte del tubo 10, el tubo 10 puede ser útil para usos finales que requieren eliminar contaminantes de un fluido que fluye a través del centro o interior 13 del tubo 10. La cantidad de contaminante puede depender de la aplicación de la tubería 10, el tipo de contaminantes en el líquido o gas, y el tipo de líquido o gas que pasa a través del centro de la tubería. Por ejemplo, la capa de revestimiento 11 de la presente invención generalmente puede eliminar contaminantes de hasta aproximadamente 50,000 picoCuries de Ra-226 por pies lineales de tubo en una modalidad, desde aproximadamente 2,000 picoCuries de Ra-226 hasta aproximadamente 20,000 picoCuries de Ra-226 por pies lineales de tubo en otra modalidad, desde aproximadamente 1000 picoCuries de Ra-226 hasta aproximadamente 10,000 picoCuries de Ra-226 por pie lineal de tubo en otra modalidad más, y desde aproximadamente 500 picoCuries de Ra-226 hasta aproximadamente 5,000 picoCuries de Ra-226 por pie lineal de tubo en otra modalidad más.

En otro ejemplo, la capa de revestimiento 11 de la presente invención generalmente puede eliminar contaminantes hasta aproximadamente 50,000 ppm de H_2S por pie lineal de tubo en una modalidad, desde aproximadamente 2,000 ppm de H_2S hasta aproximadamente ppm de H_2S por pie lineal de tubo en otro modalidad, desde aproximadamente 1000 ppm de H_2S hasta aproximadamente 10,000 ppm de H_2S por pie lineal de tubo en todavía otra modalidad, y de aproximadamente 500 ppm de H_2S a

aproximadamente 5,000 ppm de H_2S por pie lineal de tubo en otra modalidad más.

Además, la capa de revestimiento 11 de la presente invención muestra propiedades inesperadas y únicas tales como una mejor eliminación de radionúclidos y sulfitos después de la eliminación de la capa de brillo.

Generalmente, el proceso para unir integralmente la capa de revestimiento descrita anteriormente a la superficie interna de una estructura de tubería para formar una tubería revestida con la capa de revestimiento se lleva a cabo mediante un proceso de revestimiento conocido en la técnica (por ejemplo, el método para recubrir la superficie interna de tubos metálicos como se describe en la Patente de Estados Unidos N° 3,814,616A, incorporada aquí como referencia).

Por ejemplo, en general, la fabricación de una tubería con el revestimiento se puede hacer siguiendo los pasos de (1) calentar la tubería, (2) aplicar la capa de polvo a la superficie interna de una tubería de modo que las partículas de revestimiento en polvo se adhieran a la superficie de la tubería y (3) permitir que el revestimiento en polvo se cure lo suficiente para formar un miembro de revestimiento permeable sólido unido integralmente al miembro del tubo, (4) templar el tubo para evitar la degradación térmica del revestimiento permeable de FBE y (5) limpieza ligera del revestimiento FBE permeable para eliminar la superficie brillante (aprox. 25 micras).

Opcionalmente, se puede aplicar una primera capa y una capa intermedia al miembro de tubería antes de la aplicación del revestimiento permeable. Opcionalmente, la superficie interna de la tubería de metal puede limpiarse con chorro de arena, lavado y fosfatación de la superficie interna de la tubería de metal para proporcionar una mejor adhesión del revestimiento permeable a la tubería.

La etapa de aplicación (1) se puede llevar a cabo pulverizando el revestimiento de polvo de FBE sobre la superficie interna del miembro de tubo. La etapa de calentamiento (2) se puede llevar a cabo precalentando el tubo o calentando el tubo a medida que el revestimiento en polvo se va aplicando a la superficie interna del tubo o calentando el tubo después de aplicar el revestimiento de polvo curable.

Algunos ejemplos no limitativos de aplicaciones de uso final para el revestimiento permeable y el producto de estructura de tubería de la presente invención pueden incluir, por ejemplo, eliminación de radionucleidos como el radio, eliminación de H_2S , eliminación de CO_2 , reducción de la deposición de asfaltenos y protección contra la corrosión ya que el agente de captura puede permitir la auto-pasivación del revestimiento. Por ejemplo, como se analiza en la Publicación de Patente de Estados Unidos N° 2012/0164324, se describe una capa de óxido metálico que es reactivo con sulfuro de hidrógeno, sobre cuya reacción con sulfuro de hidrógeno la capa de óxido metálico forma una capa de barrera

que resiste la transmisión de sulfuro de hidrógeno a través de él. Esta capa de óxido de metal modificada se concibe como una capa auto pasivante en la que la reactividad hacia el sulfuro de hidrógeno disminuye con el tiempo en presencia de sulfuro de hidrógeno. Sin embargo, sus propiedades de barrera, con respecto a la transmisión de sulfuro de hidrógeno, mejoran en función al grado en que la capa de óxido metálico modificada se ha convertido en una capa de barrera de sulfuro u oxisulfuro. Sin embargo, para lograr dicha pasivación automática, la Publicación de Patente de Estados Unidos N° 2012/0164324 requiere una composición de revestimiento que incluye un material precursor de óxido metálico que es susceptible de conversión al óxido metálico correspondiente, cuyo material precursor puede ser un derivado de metal que, después de la reacción con el agua, forma el óxido metálico correspondiente (como es el caso del acetato de zinc y el ortosilicato de tetraetilo) o un derivado metálico que puede transformarse en un óxido metálico sin la intervención de agua (tal como un oxalato metálico). Por el contrario, las modalidades de ejemplo se refieren a permitir la autopasivación, además de los beneficios asociados con la matriz de resina de polímero, sin requerir aditivos especiales.

En una modalidad de ejemplo, el tubo revestido con el revestimiento de la presente invención se puede usar para eliminar o reducir los contaminantes en un líquido o gas que pasa a través del espacio central del tubo y para entrar en

contacto con el revestimiento que contiene material contaminante de modo que el revestimiento secuestre a los contaminantes en el cuerpo de la capa de revestimiento.

El líquido contaminado puede incluir, por ejemplo, agua, salmuera, una mezcla de petróleo crudo y agua, o una mezcla de petróleo crudo y salmuera.

El material particulado que captura contaminantes usado en la presente invención puede incluir, por ejemplo, sulfatos metálicos, óxidos metálicos y/o cualquier combinación de los mismos. Las partículas que capturan contaminantes, por ejemplo, partículas de sulfato de bario, son sólidas a temperatura ambiente. Las partículas que capturan contaminantes pueden tener un punto de fusión superior a 500°C, superior a 800°C y/o superior a 1,000°C. El punto de fusión de las partículas que capturan contaminantes puede ser inferior a 2,500°C. Los ejemplos de sulfatos metálicos incluyen sulfatos de metales alcalinos y sulfatos de metales alcalinotérreos. Los ejemplos de sulfatos metálicos incluyen sulfato de bario, sulfato de estroncio y mezclas de los mismos. En una modalidad preferida, el material particulado que captura contaminantes es el sulfato de bario. Para eliminar el sulfuro de hidrógeno y medios acuosos, los ejemplos de óxidos metálicos incluyen óxidos de manganeso tales como el óxido de manganeso (II) (MnO), óxido de manganeso (II, III) (Mn_3O_4), óxido de manganeso (III) (Mn_2O_3), dióxido de manganeso (MnO_2) y óxido de manganeso (VII) (Mn_2O_7). Los ejemplos de minerales basados en óxido de

manganeso incluyen birnessita, hausmannita, manganita, manganosita, psilomelano y pirolusita y mezclas de las mismas. Como se describe en la Patente de Estados Unidos N° 6,740,141 B2, incorporada aquí como referencia, el metal para eliminar el H₂S y el CO₂ es preferiblemente un metal seleccionado del grupo que consiste en calcio, magnesio, zinc, hierro y otros metales de los grupos 8, 9 ó 10 o la tabla periódica de los elementos (CAS Group VIII). Para la adsorción del H₂S en medios ricos en orgánicos como el petróleo, el material más preferido es el óxido de calcio (CaO) y para la adsorción de CO₂, el material más preferido es el óxido de calcio recubierto con óxido de hierro ([Fe₂O₃] CaO).

En general, la cantidad porcentual de contaminante eliminado del líquido puede ser de aproximadamente 20% a aproximadamente 80% en una modalidad, de aproximadamente 40% a aproximadamente 70% en otra modalidad y de aproximadamente 50% a aproximadamente 60% en otra modalidad.

En una modalidad ilustrativa, y no limitada a la misma, se puede usar un líquido contaminado de un pozo petrolero en la presente invención y el contaminante del líquido que se reduce o elimina es un radionúclido. Cuando el líquido a 90°C con un 20% de corte de agua fluye a una velocidad de 10 mil barriles por día (mbd) dentro de la tubería que tiene un diámetro de aproximadamente 8.8 cm, la cantidad de radionucleido eliminado del líquido puede ser de aproximadamente 20% a aproximadamente 80% en una modalidad, de aproximadamente 40% a aproximadamente 70% en otra

modalidad y de aproximadamente 50% a aproximadamente 60% en otra modalidad más.

EJEMPLOS

Los siguientes ejemplos y ejemplos comparativos ilustran adicionalmente la presente invención con más detalle, pero no deben interpretarse por limitar el alcance de la misma.

- 5 En los siguientes ejemplos, se usan diversos materiales, términos y designaciones que se describen en las siguientes tablas I:

Tabla I - Materias primas

Material prima	Descripción	Propietario
Resina epoxídica y sólida modificada con alcanolamina	Resina epoxídica THAM modificada tipo 4 Epoxi equivalente del epoxy 800 según su medida. (900 por propósitos de formulación)	No aplica
D.E.R. 664 UE	Resina epoxídica sólida tipo 4. Peso equivalente epoxi de 860 a 930	Olin Epoxy, a division Olin Corp
D.E.R. 672U-20	Novolac modificado con alto peso molecular, resina epoxy sólida. Peso equivalente epoxy de 740 a 830	Olin Epoxy, una division de Olin Corp
D.E.H. 82	Endurecedor fenólico con 3.5 % de acelerador curable y 2.5 % de modificador de flujo OH peso equivalente de 235 a 265	Olin Epoxy, una division de Olin Corp
Alcanolamina y aducto de epoxi líquido	Endurecedor de hidrógeno y amino aducto HAM-LER 404 (peso promedio equivalente del amino hidrógeno)	No aplica
Epikure™ P101	Imidazol aducto de 2-metilo con resina epoxídica líquida	Momentive
Modaflow Powder III	60 % - 70 % de acrilato-2-etilhexil de acrilato	Cytec

	copolímero y 30 % - 40 % de dióxido de silición	
ExBar™ W1	98.9 % pureza de barrio, sulfato, descrito por tener aproximadamente partículas con un tamaño promedio de 1 µm	Excalibar
SLZ1009	Un polvo que se describe por incluir 99% en peso de óxido de zinc	UNICAT Catalyst Technologies
VANSIL® W-20	Wollastonite (metasilicato de calcio)	Vanderbilt Minerals, LLC

*Preparación de la resina epoxídica sólida y modificada
THAM*

La síntesis de la resina epoxídica sólida modificada con
5 alcanolamina se lleva a cabo en una caldera de vidrio de un
litro, 697.81 gramos de resina epoxídica líquida D.E.R 383
(LER) y 289.6 gramos de Bisphenol A (BPA), de Olin
Corporation, se pesan directamente en la caldera. El hervidor
se cubre con una cabeza de matraz de reacción de tres juntas
10 20/40 y se coloca en la capa calefactora. Se coloca un
agitador metálico de media luna en la articulación central de
la cabeza del matraz. Otra junta está equipada con una
almohadilla de nitrógeno y un termopar. La última
articulación tiene un tapón con un tabique de goma y se usa
15 para agregar catálisis, alcanolamina y tomar muestras. El
agitador y la calefacción de la repisa de la chimenea se
encienden y la temperatura de la lechada de LER/BPA se deja
que alcance aproximadamente 90°C. Después de que el BPA se
disuelve en el LER, se añaden 1.26 gramos de acetato de

etiltrifenilfosfonio ácido a la mezcla de LER/BPA. La temperatura de reacción aumenta a alrededor de 140°C con la capa calefactora. La capa calefactora se apaga y la exoterma puede alcanzar 180-190°C. Se toma una muestra media hora
5 después de la exoterma máxima para confirmar que se ha alcanzado el peso equivalente epóxico (EEW). El material se deja enfriar hasta aproximadamente 175°C. En este punto se añaden al reactor 12.62 gramos de reactivo Tris(hidroximetil)aminometano (THAM) ACS, $\geq 99.8\%$ de Sigma
10 Aldrich y se enciende la chimenea para mantener la temperatura dentro del reactor en el rango de 165 a 175°C. Se toma una muestra media hora después de la adición del THAM para confirmar que se ha alcanzado el EEW objetivo. El agitador y capa calefactora se apagan y las resinas
15 epoxídicas sólidas modificadas con alcanolamina resultantes se vierten. El EEW de la resina epoxídica después de la exoterma máxima es de aproximadamente 763 y aproximadamente 900 después de la adición de THAM. La viscosidad en estado fundido de la resina epoxídica sólida modificada con
20 alcanolamina es de aproximadamente 9.5 Pa.sec.

Preparación del endurecedor de aductos THAM-LER

La síntesis de la alcanolamina y el aducto epoxídico líquido se realiza en un recipiente de cristal de 250 ml cubierto con una cabeza de matraz de reacción de tres juntas
25 20/40. La junta central se utiliza para colocar el agitador de metal de media luna. Otra junta está equipada con una almohadilla de nitrógeno y un termopar. La última junta está

equipada con un matraz de adición de 150 ml. Se pesan 72.9 gramos de THAM directamente en la caldera de reacción y 127.1 gramos de D.E.R 383 en el matraz de adición. Se mezclan aproximadamente 27 gramos de D.E.R 383 con THAM para hacer una suspensión espesa, que se agita y luego se calienta utilizando lámparas de calentamiento duales a 80°C. La temperatura de la suspensión se incrementa justo por encima del punto de fusión del THAM (aproximadamente 172°C) y se inicia la adición gota a gota de LER mientras la temperatura se controla y se mantiene a aproximadamente 175°C. Media hora después de completar la adición de LER, se toma una muestra para confirmar que se ha alcanzado el peso equivalente de hidrógeno y amino (AHEW). El endurecedor de aductos THAM-LER fundido resultante se vierte. El número de amina resultante es de aproximadamente 170 mg de equivalentes de KOH o en promedio 404 AHEW.

Ejemplos de trabajo 1-3 y ejemplos comparativos A y B

Se preparó un tamaño de lote de 1 kg para cada formulación descrita en la Tabla II. La premezcla de los componentes de la formulación se realizó en un mezclador Prism Pilot 3 (2300 RPM durante 15 segundos). Cada formulación premezclada se combinó a 200 RPM utilizando una extrusora de doble husillo Prism TSE 24PC con zonas de calor de tres barriles. Las zonas de calor del barril eran de 25°C, 75°C y 85°C. Se añadió Cabosil M5 al 0.5% a cada formulación después de la composición. Se utilizó una trituratora Hosokawa Micro-ACM modelo 2 para reducir las escamas

compuestas a un polvo de epoxi unido por fusión fina (FBE) de tamaño de partícula promedio de 50 micras.

Las formulaciones de revestimiento en polvo de FBE descritas en las Tablas II se aplicaron a paneles de politetrafluoroetileno (PTFE) (20 x 7 x 1.0 cm) usando un lecho fluidizante. Los paneles de PTFE se precalentaron en un horno a 242°C durante un mínimo de media hora (30 minutos [min]) antes de sumergirlos en el lecho fluidizante. Después de que los paneles se sumergieron en el lecho fluidizante durante el tiempo suficiente para alcanzar el espesor de revestimiento objetivo de aproximadamente 400 micras, después los paneles recubiertos se curaron en un horno a 242°C durante 3 minutos. Luego, los paneles de PTFE recubiertos se enfriaron en agua del grifo durante aproximadamente 2-3 minutos. Las películas de revestimiento se eliminaron de los paneles de PTFE para la eliminación de la prueba de contaminantes. Las muestras de la película de revestimiento curada se analizaron usando la norma canadiense Z245.20 serie 10, sección 12.7. *Características térmicas del polvo y revestimiento epoxídicos* para medir la temperatura de transición vítrea de la película. La temperatura de transición vítrea seca de la película se midió después de secar la película en un desecador durante 24 horas. La temperatura de transición vítrea húmeda se midió después de sumergir las películas de revestimiento curadas en agua desionizada durante 24 horas a 90°C.

Tabla II - Composiciones termoestables epoxídicas curables para captura en revestimientos en polvo

	Ej. de trabajo 1	Comp. Ex. A	Ej. de trabajo. 2	Ej. de trabajo 3	Ej. de trabajo B
Componentes de la formulación (% en peso)					
Resina epoxídica y sólida modificada con alcanolamina	26.9	26.9	31.8		31.8
D.E.R 664UE				32.0	
D.E.R 672U-20			8.0	8.0	8.0
D.E.H 82			10.2	10	10.2
Alcanolamina y aducto epoxídico líquido	11.5	11.5			
Epikure P101	0.78	0.78			
Polvo Modaflow III	0.86	0.86			
ExBar™ W1	60.0		50	50	
VANSIL W-20		60.0			50
Total	100	100	100	100	100
Propiedades					
Temperatura de transición vítrea seco (° C)	102	103	104	105	105
Temperatura de transición vítrea húmeda (° C)	85	86	89	91	90
Rango de Tg húmeda-seca (°C)	17	17	16	14	16

Con referencia a la Tabla II, se ve que cada uno de los
5 Ejemplos de Trabajo 1-3 y los Ejemplos Comparativos A y B
pueden considerarse permeables. Además, se observa que el

intervalo más alto de la Tg seca-húmeda (superior a 16°C) se realiza para los ejemplos que contienen la resina epoxídica sólida modificada con alcanolamina. Se cree que los materiales epoxi en cada uno de los Ejemplos de Trabajo 1 a 3
5 pueden usarse en combinaciones variables para optimizar las propiedades deseadas.

La Tg seca y la Tg húmeda (también denominada Tg condicionada por la humedad) se determinan de acuerdo con la norma 12 de la norma canadiense Z245.20, sección 12.7
10 *Características térmicas del polvo y revestimiento epoxídicos* para medir la temperatura de transición vítrea de la película. La Tg también se puede determinar mediante el análisis dinámico mecánico-térmico (DMTA) y los datos Tg se obtienen en un reómetro ARES TA Instrument. La Tg también puede
15 medirse con el método descrito en ASTM, tal como el método de prueba estándar de calorimetría de barrido diferencial (DSC) ASTM E 1356 para la asignación de las temperaturas de transición vítrea mediante calorimetría de barrido diferencial y ASTM D-7028.

20 Procedimiento general para probar la eliminación de contaminantes

Las tiras de revestimiento de 4 x 1 cm de tamaño, se cortaron de las películas anteriores; la mitad de las tiras se lijaron para eliminar la capa brillante. Las tiras se
25 usaron para una prueba de eliminación de radionúclidos usando el siguiente procedimiento:

Se adquirió una solución estándar de Ra-226 de Isotope Products Laboratories. Esta solución se diluyó para obtener una solución de trabajo. Las porciones de la solución de trabajo se dispensaron con pipetas para realizar esta prueba.

5 Se preparó un litro de una solución de salmuera que contenía 5.0 y 2.6 por ciento en peso de NaCl y CaCl₂, respectivamente. El pH de la solución se ajustó para estar entre 7.5 y 8.0 usando soluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico.

10 Se pesó una porción de salmuera para cada prueba y a la composición se añadieron 2.457 ml de una solución que contenía aproximadamente 5,000 picoCuries de Ra-226. Luego se reajustó el pH de la composición. Una de estas porciones se agregó a una muestra previamente pesada de material para
15 comenzar cada prueba.

La medición del contenido de Ra-226 en las muestras de salmuera se realizó mediante el recuento de centelleo líquido (LSC) antes y después de completar la exposición. La medición del contenido de Ra-226 en el material de revestimiento se
20 realizó mediante espectrometría de rayos gamma.

Antes del recuento de centelleo líquido anterior, cada alícuota se evaporó suavemente para expulsar el Rn-222 que interfería con la medición de Ra-226. Rn-222 creció gradualmente antes de las mediciones. Se usaron dos ventanas
25 de conteo: una registró los conteos debido a Ra-226 y Rn-222, y otra registró los conteos solo debido a Rn-222. Se

estableció un factor de corrección utilizando agua de un generador de radón y se usó para corregir la interferencia Rn-222 en Ra-226.

Las tiras de película de revestimiento lijadas y sin
5 lijar y la salmuera se colocaron en botellas de vidrio de 500 ml. Luego, las botellas de vidrio que contenían las tiras y la salmuera se colocaron en un horno eléctrico a 90°C. La mezcla se mezcló con turbulencia varias veces durante cada experimento.

10 La salmuera se muestreó para el recuento de centelleo líquido antes de mezclar con el material, inmediatamente después de la mezcla, a los 3 días y a los 7 días. Se tomaron alícuotas duplicadas a los 3 y 7 días.

Después del muestreo final, la salmuera se drenó
15 completamente del material y el material se empaquetó para la espectrometría de rayos gamma.

La Tabla III muestra los resultados de la fracción Rn-222 que queda en la salmuera después de 7 días en contacto con paneles revestidos a 90°C y la actividad de Ra-226 (Bq)
20 en el panel recubierto que contiene el material captador de contaminantes.

Tabla III - Fracción de radionúclidos eliminada de la salmuera después de 7 días a 90°C en contacto con las películas de revestimiento lijadas y sin lijar

	Ej. de trabajo	Ej. comp. A	Ej. de trabajo	Ej. de trabajo	Ej. comp. B
--	----------------	-------------	----------------	----------------	-------------

	1		2	3	
Película sin lijar	23%	3%	2%	2%	1%
Película lijada	71%	5%	29%	14%	4%

Con referencia a la Tabla III, se observa que se realiza un mayor porcentaje de captura de Ra-226 para cada uno de los Ejemplos de Trabajo 1 a 3. Por el contrario, los Ejemplos Comparativos A a B, que no incluyen sulfato de bario en el revestimiento, muestran cada uno significativamente, menor porcentaje de captura de Ra-226.

El polvo del Ejemplo de Trabajo 1 y el Ejemplo Comparativo A se aplicaron luego a las boquillas del tubo de acero negro (PN) de 2x6', que primero se limpiaron de acuerdo con el estándar de preparación No. 1 y 11 de la Society for Protective Coating Surface. Las boquillas se trataron con una solución acuosa al 5% de ácido fosfórico y luego se lavaron con agua desionizada hasta obtener un pH neutro. Corvel® EP 10 (una base de fenol) se aplicó y se curó según lo recomendado por el proveedor. Las PN preparadas con Corvel® EP 10 se precalentaron en un horno a 232°C durante un mínimo de media hora (30 minutos [min]) antes de sumergirlas en el lecho fluidizante que contenía la capa de polvo del ejemplo de Trabajo 1. Después de que las PN se sumergieron en el lecho fluidizante, el tiempo suficiente para alcanzar el espesor de revestimiento objetivo de aproximadamente 500 micras, los paneles de tubería recubiertos se curaron posteriormente en un horno a 232°C durante 3 minutos. Luego,

las PN revestidas se inactivaron en agua del grifo durante aproximadamente 2-3 minutos. El revestimiento dentro de las PN se lijó para eliminar la capa de brillo, de aproximadamente 25 micras, antes de la prueba de eliminación de contaminantes similar a la que se usa para las películas de revestimiento. El PN1 se revistió con el Ejemplo de Trabajo 1, se recubrió con PNA con el Ejemplo comparativo A.

Tabla IV - Fracción de radionúclidos eliminada de la salmuera después de 7 días a 90°C en contacto con revestimientos de arena

	ID de la muestra	²²⁶ Ra eliminado de la salmuera (%)
Día 0	Base	0%
Día 1	PN1	50%
	PNA	4%
Día 3	PN1	58%
	PNA	5%
Día 7	PN1	65%
	PNA	6%

Con referencia a la Tabla IV, se observa que se realiza un mayor porcentaje de captura de Ra-226 para las muestras recubiertas con el Ejemplo de Trabajo 1. Por el contrario, las muestras recubiertas con el Ejemplo Comparativo A, que no incluyen sulfato de bario en el revestimiento, muestran significativamente menor porcentaje de captura de Ra-226.

Tabla V - Composiciones termoestables epoxídicas curables para captura en revestimientos en polvo H₂S

	Ej. de trabajo 4	Ej. Comp. C	Ej. de trabajo 5	Ej. de trabajo 6	Ej. de trabajo D
Componentes de la formulación (% en peso)					
Resina epoxídica y sólida modificada con alcanolamina	26.9	26.9	31.8		31.8
D.E.R 664UE				32.0	
D.E.R 672U-20			8.0	8.0	8.0
D.E.H 82			10.2	10	10.2
Alcanolamina y aducto epoxídico y líquido	11.5	11.5			
Epikure P101	0.78	0.78			
Polvo Modaflow III	0.86	0.86			
Óxido de zinc Unicat	60.0		50	50	
VANSIL W-20		60.0			50
Total	100	100	100	100	100
Propiedades					
Temperatura de transición vítrea seca (° C)	103	104	105	105	105
Temperatura de transición vítrea húmeda (° C)	84	86	90	91	89
Rango de Tg seca-húmeda (°C)	19	18	15	14	16

Los Ejemplos de Trabajo 4-6 y los Ejemplos Comparativos C y D son similares a los Ejemplos de Trabajo 1-3 y Comparativos A y B, respectivamente, excepto que incluyen

5 óxido de zinc. Las condiciones aproximadas (por ejemplo, con respecto al tiempo y las cantidades) y las propiedades para

formar los Ejemplos de Trabajo 4-6 y los Ejemplos Comparativos C y D, se tratan a continuación.

Para los Ejemplos de Trabajo 4, 5 y 6 y los Ejemplos Comparativos C y D, se preparó un tamaño de lote de 1 kg para
5 cada formulación descrita en la Tabla V. La premezcla de los componentes de la formulación se realizó en un mezclador Prism Pilot 3 (2300 RPM por 15 segundos). Cada formulación premezclada se combinó a 200 RPM utilizando una extrusora de doble husillo Prism TSE 24PC con zonas de calor de tres
10 barriles. Las zonas de calor del barril fueron 25°C, 75°C y 85°C. Se añadió Cabosil M5 al 0.5% a cada formulación después de la composición. Se utilizó una trituradora Hosokawa Micro-ACM modelo 2 para reducir las escamas compuestas a un polvo de epoxi unido por fusión fina (FBE) de tamaño de partícula
15 promedio de 50 micras. Las formulaciones de revestimiento en polvo de FBE descritas en las Tablas II se aplicaron a paneles de politetrafluoroetileno (PTFE) (20 x 7 x 1.0 cm) usando un lecho fluidizante. Los paneles de PTFE se precalentaron en un horno a 242°C durante un mínimo de media
20 hora (30 minutos [min]) antes de sumergirlos en el lecho fluidizante. Después de que los paneles se sumergieron en el lecho fluidizante durante el tiempo suficiente para alcanzar el espesor de revestimiento objetivo de aproximadamente 400 micras, los paneles recubiertos se curaron posteriormente en
25 un horno a 242°C durante 3 minutos. Luego, los paneles de PTFE recubiertos se enfriaron en agua del grifo durante aproximadamente 2-3 minutos. Las películas de revestimiento

se eliminaron de los paneles de PTFE para la eliminación de la prueba de contaminantes. Las muestras de la película de revestimiento curada se analizaron usando la norma canadiense Z245.20 serie 10, sección 12.7. *Características térmicas del*
5 *polvo y revestimiento epoxídicos* para medir la temperatura de transición vítrea de la película. La temperatura de transición vítrea seca de la película se midió después de secar la película en un desecador durante 24 horas. La temperatura de transición vítrea húmeda se midió después de
10 sumergir las películas de revestimiento curadas en agua desionizada durante 24 horas a 90°C

Los ejemplos de trabajo 4, 5 y 6 y los ejemplos comparativos C y D se evalúan para la captura de sulfuro de hidrógeno. La evaluación de las capturas de sulfuro de
15 hidrógeno incluye: (i) contenido de sulfuro de hidrógeno en fase de vapor después de 1 hora de exposición, en partes por millón en volumen (ppmv), y (ii) captura de sulfuro de hidrógeno, en porcentaje. La evaluación se lleva a cabo usando los Ejemplos de Trabajo que contienen 0.2 gramos del
20 óxido de zinc y los de los Ejemplos Comparativos sin óxido de zinc, pero una cantidad similar del polímero usado en los ejemplos de trabajo. Las muestras se colocaron en 10 ml de agua desionizada en un vial de GC, a una temperatura de 70°C. Como entenderá un experto en la técnica, el contenido de
25 sulfuro de hidrógeno en fase de vapor se mide mediante una cromatografía de gases Agilent equipada con una columna

Restek Rt-Q-Bond, un detector de conductividad térmica y un detector de ionización por descarga pulsada.

La eficacia de captura de sulfuro de hidrógeno se calcula comparando con una muestra en blanco en ausencia de
5 revestimiento, como entendería un experto en la técnica.

En particular, para los estudios de captura de sulfuro de hidrógeno de las muestras de revestimiento correspondientes se pesan en un vial de GC de espacio de cabeza de 22 ml con una barra de agitación. Luego, se agrega
10 agua desionizada (10 ml) a cada vial y se sella con un tapón de silicona con revestimiento de PTFE. A continuación, se inyecta gas de sulfuro de hidrógeno (1.5 ml, STP equivalente a 2.28 mg) en el espacio superior de cada vial. Los viales se calientan luego a 70°C en la parte superior de una placa
15 caliente con agitación durante 1 hora. A continuación, los viales se enfrían y las concentraciones de sulfuro de hidrógeno en el espacio de cabeza de los viales se analizan mediante la cromatografía de gases en el espacio de cabeza.

Los resultados para muestras de revestimientos que se
20 suspenden en agua se muestran en la Tabla IV, a continuación:

Tabla IV

	Ej. de trabajo 4	Ej. comp. C	Ej. de trabajo 5	Ej. de trabajo 6	Ej. comp. D
Cantidad de revestimiento (gramos)	0.33	0.33	0.4	0.4	0.4
Cantidad de polímero matriz en el revestimiento (% en peso)	40	40	50	50	50
Cantidad de óxido de zinc en el revestimiento	60	--	50	50	--
Óxido de zinc en el revestimiento (% en peso)	60	--	50	50	--
Cantidad de polvo de óxido de zinc (g)	0.2	--	0.2	0.2	--
Contenido de sulfuro de hidrógeno en la base de vapor (ppmv)	598	1817	1667	1661	2230
Captura de sulfuro de hidrógeno (%)	80	39.4	44.4	44.6	25.7

Con referencia a la Tabla IV, se observa que el bajo contenido de sulfuro de hidrógeno en fase de vapor y mayor porcentaje de captura de sulfuro de hidrógeno, se realiza para cada uno de los Ejemplos de Trabajo 4 a 6. En contraste, los Ejemplos Comparativos C y D, que no incluyen óxido de zinc en el revestimiento, cada uno muestra una cantidad significativamente mayor de contenido de sulfuro de hidrógeno en fase de vapor y un porcentaje significativamente menor de captura de sulfuro de hidrógeno.