



INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETROLEO Y DEL GAS

PRÁCTICA RECOMENDADA

PR IAPG-SC-39-2025-00

ALMACENAMIENTO DE CAÑOS DE
ACERO REVESTIDOS

1 PROPÓSITO

Brindar lineamientos para el correcto almacenamiento y manejo de los caños revestidos, incluyendo inspecciones y ensayos a realizar.

2 ALCANCE

Esta práctica recomendada es de aplicación para caños de acero revestidos, depositados en almacenes permanentes y/o en almacenes u obradores transitorios.

3 ABREVIATURAS

- DSC: Ensayo de calorimetría diferencial de barrido (Differential Scanning Calorimetry)
- EPP: Elementos de protección personal.
- FBE: Revestimiento de epoxy unido por fusión (Fusion Bonded Epoxy).
- PP: Polipropileno.
- PE: Polietileno.
- UV: Ultravioleta.

4 GENERALIDADES

4.1 Selección de la materia prima

La materia prima a utilizar durante el almacenamiento de los caños se recomienda que sea de proveedor reconocido y con extenso historial de uso. El fabricante debe adjuntar los detalles y cuidados a llevar a cabo durante el almacenamiento, así como adjuntar el procedimiento de aplicación del revestimiento.

4.2 Manipulación de los caños

Las cañerías en todo momento deberían ser manipuladas de forma de evitar daños a la misma, a los extremos o al revestimiento. No es recomendable que exististan contactos de los mismos con cadenas, sogas o cualquier elemento que pueda generar abrasión. En caso de alguna consideración especial, esta debe estar detallada por el fabricante.

4.3 Inspección

Los caños almacenados se recomiendan que sean inspeccionados visualmente en un período no mayor a 6 (seis) meses, a efectos poder visualizar cualquier anomalía en relación con la presente norma, en particular posibles focos de corrosión. Los caños que a ser inspeccionados son todos los de la hilada inferior, y aquellos que se encuentren en la “capa” más externa de la estiba.

Estas inspecciones visuales incluyen como mínimo:

- Inspección visual de cuerpo de tubo.
- Inspección visual de extremos de tubo.
- Inspección visual de protectores de extremo.

Si por circunstancias no previsibles, una estiba o parte de ella permaneciere sin movimiento por un período mayor a 2 (dos) años, es recomendable efectuar un control visual más riguroso (de cada uno de los caños en la estiba) para detectar posibles focos de corrosión, incluida la rotación de los caños si es factible. Si se observase la existencia de corrosión, deberá eliminarse la misma y controlar a posteriori los espesores.

Idealmente los caños revestidos con un material susceptible a sufrir foto-oxidación (como el FBE) deben ser almacenados en un lugar protegidos de la radiación UV (ver sección 6 del documento). En estos casos donde el revestimiento se encuentra a la intemperie, una vez por año deben llevarse a cabo inspecciones sencillas que permitan identificar una degradación del revestimiento, tales como:

Chequeo de la condición de la superficie del revestimiento con la palma de la mano. En caso de revestimientos tipo FBE o epoxi líquido, el material degradado se desprenderá en forma de polvo.

Chequeo del espesor del revestimiento. El objetivo de esta medición no es cuantificar la pérdida de espesor del revestimiento, puesto que la cantidad de material que pudo haberse perdido entra dentro del error de medición de los instrumentos. Por esto, lo que se busca con este ensayo es verificar si el espesor del revestimiento cumple la norma de aplicación existente. Estas mediciones se deben realizar mediante alguna técnica reconocida (las más utilizadas son mediciones ultrasónicas o de flujo magnético):

o En este punto se debe considerar que las mediciones con ultrasonido se recomiendan para revestimientos con un espesor mayor a 500 micrometros debido a la resolución de los instrumentos utilizados. Los procedimientos de medición de espesores por UT se encuentran detallados en ASTM D1186-01 D6132- 04 (“Standard Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Applied Organic Coatings Using an Ultrasonic Gage”).

o En el caso de mediciones por flujo magnético, los errores dependen de la técnica utilizada, pudiendo los ensayos más básicos (Pull-off Gages) alcanzar una precisión del 10%. Los procedimientos de medición de espesores por flujo magnético se encuentran detallados en ASTM D1186-01 (“Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base”).

Chequeo de la dureza del revestimiento. Hay 2 tipos comunes de métodos de ensayar la dureza, los cuales dependen del espesor del revestimiento. Para revestimientos de alto espesor se suele utilizar instrumentos de tipo durómetro; mientras que para revestimiento menos gruesos se puede recurrir a medir la dureza con el método del lápiz. Los procedimientos de medición de dureza usando durómetros se encuentran definidos en la norma ASTM D1186 (“Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness”), mientras que el método del lápiz se encuentra definido en ASTM D3363 (“Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test”).

Ensayo de resistencia al impacto. En este caso un método ampliamente utilizado para determinar esta propiedad es el “método de la caída de peso” (Falling Weight Method). La normativa ASTM G14 establece la instrumentación a utilizar para este ensayo y normativas como por ejemplo ISO establecen los valores aceptables para cada tipo de revestimiento (A modo de ejemplo ISO 21809 establece los valores límite para tricapa).

Pueden realizarse adicionalmente ensayos de resistencia a la abrasión del revestimiento. En este caso el ensayo a realizar es únicamente de índole cualitativo y se debería realizar en base a procedimientos elaborados por la operadora. Como ejemplo general un elemento común que puede usarse es una moneda.

Adicionalmente a los ensayos anteriores las operadoras pueden optar por realizar un análisis de defectos en el revestimiento por medio de un detector (collarín). El objetivo de este ensayo será encontrar defectos significativos sobre el revestimiento. Para ello, se recomienda utilizar los valores de voltaje recomendados de la norma ASTM G-62 (“Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coatings”) y dividirlo por un factor de “4”, a modo de evitar que dicho gradiente de voltaje degrade el revestimiento. Debido a la complejidad para aplicar esta técnica a todos los caños de una estiba, se recomienda priorizar los caños que se encuentren sobre la capa más externa de la estiba y no realizarlo 1 vez por año, sino en periodos más prolongados (cada 5

años por ejemplo).

En caso que los caños no puedan almacenarse en condiciones que permitan afirmar su protección contra la radiación UV y los mismos se han encontrado expuestos por un periodo prolongado (mayor a 1 año), se deberán repetir los siguientes ensayos sobre el revestimiento antes de utilizar los mismos. Los resultados deberán ser comparados con los valores obtenidos de los ensayos para liberar el material de planta.

Chequeo del extremo del FBE con ayuda de la punta de un cuchillo para detectar cualquier desprendimiento debajo de la capa exterior.

Control de espesores (acorde a la norma ISO 21809-1).

Resistencia al despegue (acorde a la norma ISO 21809-1).

Melt flow index del PP/PE exterior (acorde a la norma ISO 1133-1).

DSC del PP/PE exterior (acorde a la norma ISO 11357-3).

DSC del FBE (acorde a la norma ISO 11357-2).

La cantidad de caños a ser inspeccionados (muestra) será discutida en secciones siguientes.

5 TRAZABILIDAD DE LOS ACTIVOS

El avance de la tecnología ha permitido obtener avances significativos para la trazabilidad de los activos en almacenamiento. La trazabilidad resulta indispensable para lograr una fácil identificación del activo, del lote de producción, documentación relacionada a la construcción/fabricación, facilitar el seguimiento los activos (lo que mejora la eficiencia a la hora de realizar el inventario), uso de EPP necesario al trabajar con los caños y los procedimientos adecuados, etc.

En la actualidad para alcanzar este fin se utilizan principalmente etiquetas con códigos QR o etiquetas con código de barras que permiten obtener fácilmente la información necesaria de los caños mediante un escáner o incluso con un celular. La ubicación de las etiquetas es libre de elección, pero se recomienda localizarla en la zona del cut-back del caño, o bien en la parte interna de la cañería que no está revestida.

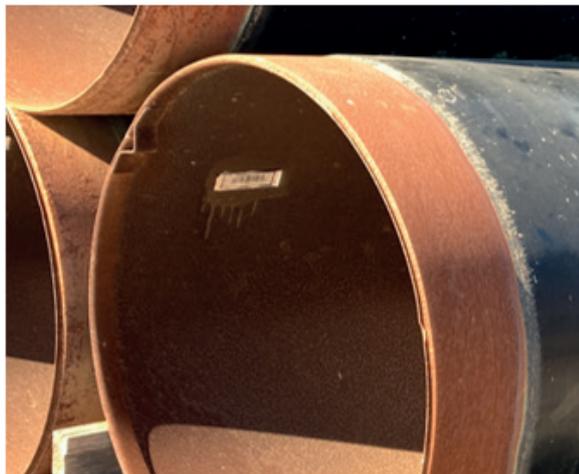


Figura 1. Ejemplo de la colocación de código de barras en la parte interna no revestida.

Independientemente de la ubicación, la etiqueta debe estar protegida del deterioro (principalmente por la humedad y/o la radiación UV) y durante las inspecciones visuales semestrales, se recomienda prestar especial atención al estado de las mismas. Por ejemplo, se puede elegir ubicar las etiquetas por debajo de las tapas protectoras de los extremos, de forma que se encuentre segura. Puede optarse también por usar cintas autoadhesivas transparentes que repelan la humedad si se decide ubicar la etiqueta en la parte interna del caño, por mencionar otro ejemplo.

La selección de las etiquetas y de la metodología a utilizar para protegerla quedará en manos de cada operadora en conjunto con el área de IoT (Internet of Things) o similar correspondiente.

Una alternativa más costosa pero utilizada a nivel mundial son también las etiquetas RFID, las cuales presentan ciertas ventajas adicionales tales como permitir localizar de forma precisa los activos en todo momento. Las formas de estas etiquetas varían con el proveedor, y en caso de utilizarlas se deben respetar las recomendaciones del mismo para su correcta ubicación y protección.

6 MUESTREO DE CAÑOS

La determinación de la cantidad de caños a muestrear para los ensayos destructivos no es trivial, siendo que dependerá de la cantidad almacenada. Los valores presentados aquí surgen al estimar el tamaño de muestra óptimo necesario para obtener un estimador con un error y un nivel de confianza determinado.

Conceptualmente, el tamaño de muestra será tal que, si se repitiera una gran cantidad de veces el experimento, se obtendría el error ingresado (valores del estimador en el rango $\mu - e$; $\mu + e$) para un porcentaje de veces igual al nivel de confianza; para un universo de muestra limitado.

La tabla siguiente considera la cantidad de caños a muestrear, considerando un nivel de confianza del 90%, con un error del 15%.

Cantidad de caños en estiba	Cantidad de caños a muestrear
>70	22
60	21
50	20
40	18
30	16
20	13

Tabla 1. Cantidad recomendada de caños a muestrear.

Si la operadora decide bajar el nivel de confianza o aumentar el error permisible, puede disminuir la cantidad enseñada. Si se cuenta en una estiba con caños de múltiples lotes de producción, se debe por lo menos incluir 1 de cada lote (de ser posible 2). Se espera que caños de un mismo lote tengan características similares.

En cuanto a la ubicación de donde realizar los ensayos de revestimiento, se recomienda de ser posible replicar los ensayos en puntos (zona del cut-back, centro y el cut-back opuesto). A su vez, se recomienda que las muestras se tomen en distintas posiciones horarias (considerando como primordial la hora 12 y la hora 6, siendo que son puntos de apoyo con hiladas superiores/inferiores).

De no ser factible hacer 3 ensayos por caños, se debe focalizar los ensayos sobre los cut-back.

7 PREPARACIÓN DEL TERRENO

El almacenamiento de caños en almacenes u obradores transitorios, en el caso que no se cuente con playas especialmente construidas, requiere como mínimo un terreno compactado, bien nivelado y con una pendiente de escurrimiento que asegure el drenaje correcto de agua, en caso que se produzca un ingreso de las mismas. La capacidad portante no deberá ser inferior a 0.1 MPa

(0.1 MN/m² o 1 kgf/cm²) [1].

Los almacenes permanentes deberán contar con playas especialmente construidas de tal manera que su capacidad portante sea por lo menos de 0.25 MPa (0.25 MN/m² o 2.5 kgf/cm²). Estos almacenes deben cumplir con los mismos requisitos de pendientes de escurrimiento establecidas en el párrafo anterior.

Para ello será necesario realizar todas las tareas adecuadas al fin propuesto como, por ejemplo: movimiento de suelo, compactación, construcción de bases y carpetas, etc.

8 APILAMIENTO

8.1 Apoyo de la primera hilada de caños

La primera hilada de caños revestidos no debe apoyar directamente sobre el terreno, sino por intermedio de portadores diseñados para ser duraderos. Estos deben ser:

- 1) Portadores contruidos mediante un caño estructural de acero al carbono de sección 100 x 100 x 2 mm y cuñas de acero al carbono apropiadas para el diámetro de caño a almacenar.
- 2) Podrán utilizarse materiales no metálicos en los casos que, por los diámetros de los caños a almacenar, se encuentren soportes de materiales no metálicos resistentes a la intemperie y a radiación UV (Por ejemplo, LDPE/HDPE) que demuestren mediante algún método ingenieril que lograrán soportar los caños en cuestión.

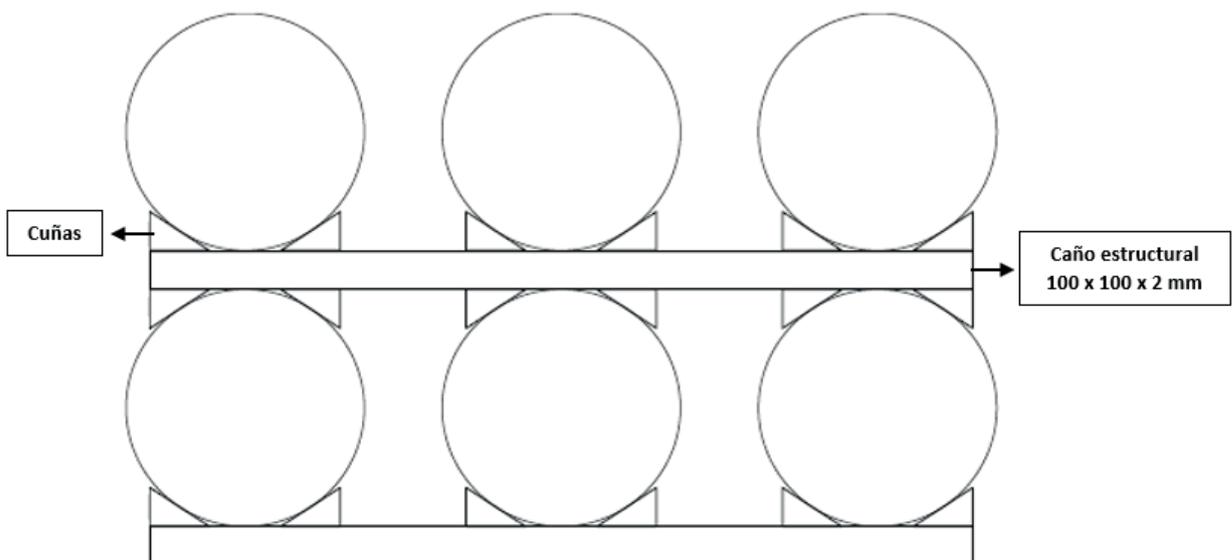


Figura 2. Ejemplo de soportes con caño estructural y cuñas.

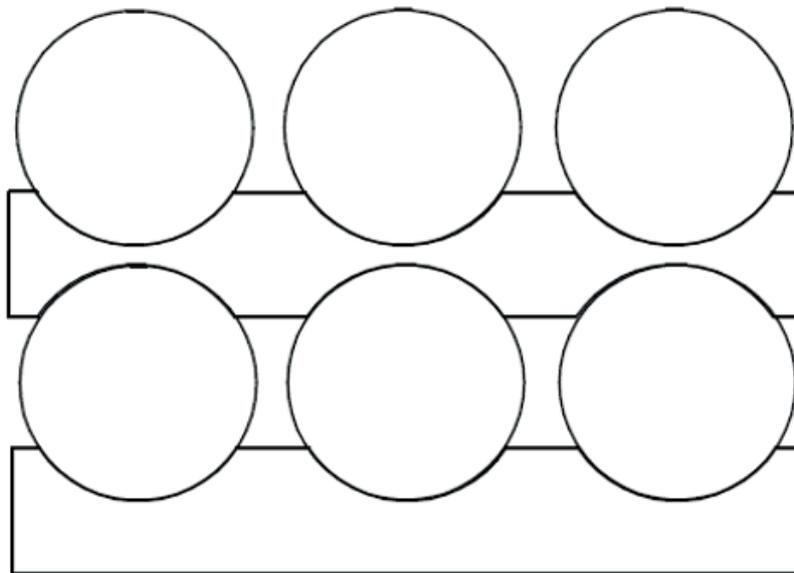


Figura 3. Ejemplo de soportes sin cuñas.

La distancia del apoyo al extremo del caño debe ser menor a 1 diámetro y medio de los caños. En ningún punto la distancia entre un caño y el suelo debe ser inferior a 10 cm.

Para definir la cantidad de soportes a utilizar en la estiba, se respetará una distancia máxima entre ellos de no más de 4 metros.

8.2 Conformación de las pilas

El apilado de los caños se efectuará solo en forma cúbica o piramidal (siguiendo los esquemas de referencia de las figuras 2 y 3), como se detalla a continuación:

8.2.1 Apilamiento piramidal con separadores

En este apilamiento entre hilada e hilada se colocarán soportes de longitud apropiada y con la misma descripción ya establecida en el punto 5.1. Este punto es de carácter obligatorio, siendo que de no contar con estos separadores los caños pueden rodar y poner en juego la seguridad del personal.

La cantidad de hiladas máxima permitida debe estar en concordancia con lo expuesto a continuación:

Diámetro		Número de hiladas máxima
mm	in	
660.4 - 914.4	26 - 36	2
304.8 - 609.6	12 - 24	3
203.2 - 254	8 - 10	4
101.6 - 152.4	4 - 6	6
< 76.3	< 3	7

Tabla 2. Cantidad de hiladas máximas permitidas para ductos revestidos en apilamiento con soporte.

Independiente de los separadores seleccionados, no se permitirá que los ductos revestidos tengan contacto directo con los mismos, debido a un posible deterioro del recubrimiento.

9 PROTECCIÓN CONTRA LA INTEMPERIE

Si el material en estiba se planea almacenar al aire libre y el revestimiento de los caños es susceptible a la foto-oxidación o a la degradación por UV, entonces se deberán considerar medidas de mitigación para el deterioro del mismo.

Se recomienda colocar mantas de bloqueo de radiación UV. Las mismas se observan en la Figura 1 y usualmente en la industria el material más comúnmente usado es HDPE o poliuretano. Estas mantas deben estar sujetas mediante cintas de amarre o cintas de sujeción.



Figura 5. Mantas bloqueadoras de radiación UV.

El segundo método de protección es el uso de pinturas protectoras tipo “White-wash”. Las mismas son capas de revestimiento blanca o de color claro que se aplica sobre la superficie de las cañerías u otros elementos expuestos a la radiación ultravioleta (UV). Esta capa blanca actúa como un protector al reflejar la radiación UV, en lugar de permitir que penetre en el material subyacente. En caso de ser aplicado, no es necesario que todos los caños de la estiba cuenten con esta medida. Se debe aplicar a los caños que se encuentren en la “capa” más externa de la estiba y verificar que la luz solar no afecte a otros activos de “capas” más internas.

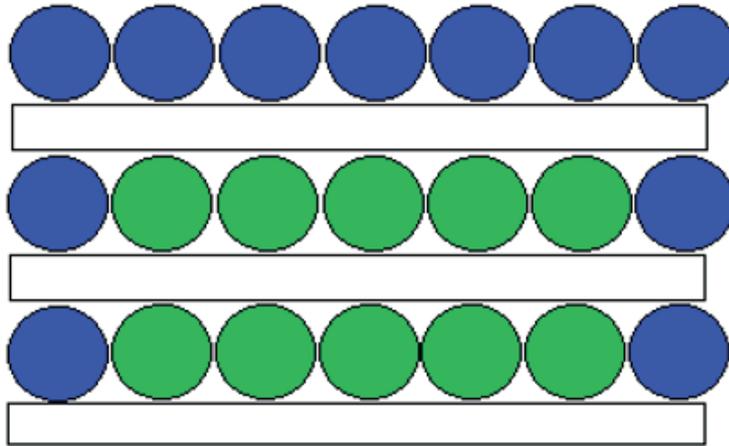


Figura 6. Esquema de aplicación de recubrimientos White-wash (Azul = Cañería con pintura White-wash / Verde = Cañería sin pintura White-wash).

Adicionalmente, se pueden utilizar recubrimientos tipo cinta aplicados en frío, en general de aluminio, que permiten reflejar de las cañerías la radiación UV. Debe considerarse la cantidad de cañerías a cubrir y el costo que este recubrimiento representaría en comparación a las mantas bloqueadoras mostradas en párrafos superiores.

Los caños deben cumplir las siguientes condiciones de almacenamiento adicionalmente:

Se deben encontrar en lugar lo más seco posible para evitar el ingreso de agua, donde la temperatura no presente variaciones extremas (congelamiento o calor extremo).

Deben presentar alguna protección frente a la nieve o lluvia.

10 PROTECCIÓN DE LOS EXTREMOS

El extremo descubierto de los caños (cut-back) debe ser sellado para evitar el ingreso de agua. Para este fin se deben utilizar:

1) Cintas selladoras de polietileno o PVC: Con el fin de minimizar el despegue del revestimiento se debe aplicar la cinta al menos 5 cm antes del cut-back del mismo; y hasta una distancia de al menos 5 cm después del cut-back si el almacenamiento de los caños será por un periodo corto (menor a 6 meses).

Para almacenamiento prolongados (mayor a 6 meses) la cinta debe aplicarse al menos 5 cm antes del cut-back del revestimiento, cubrir todo el extremo del ducto y envolverse internamente del caño por al menos 5 cm.

La cinta debe aplicarse con una doble envoltura completa al comienzo y al final; así como presentar un solapamiento del 50% entre envolvente y envolvente.*

2) Tapa protectoras de amplia longitud: Estas tapas son plásticas en general y son especialmente diseñadas para cubrir el cut-back del revestimiento, evitando el ingreso de agua.*

3) Combinación de cintas selladoras y tapas protectoras de longitud estándar: En caso de aplicarse esta combinación, primero se debe colocar la tapa protectora en el extremo y luego la cinta selladora. Esta última se debe colocar al menos 5 cm antes del cut-back del revestimiento y finalizar 5 cm después de la transición cañería/tapa.

4) Mantas plásticas de PVC en conjunto con protectores metálicos en el extremo (bisel). Las dimensiones de estas mantas deben ser suficientes para cubrir el diámetro de la cañería y el cut-back.

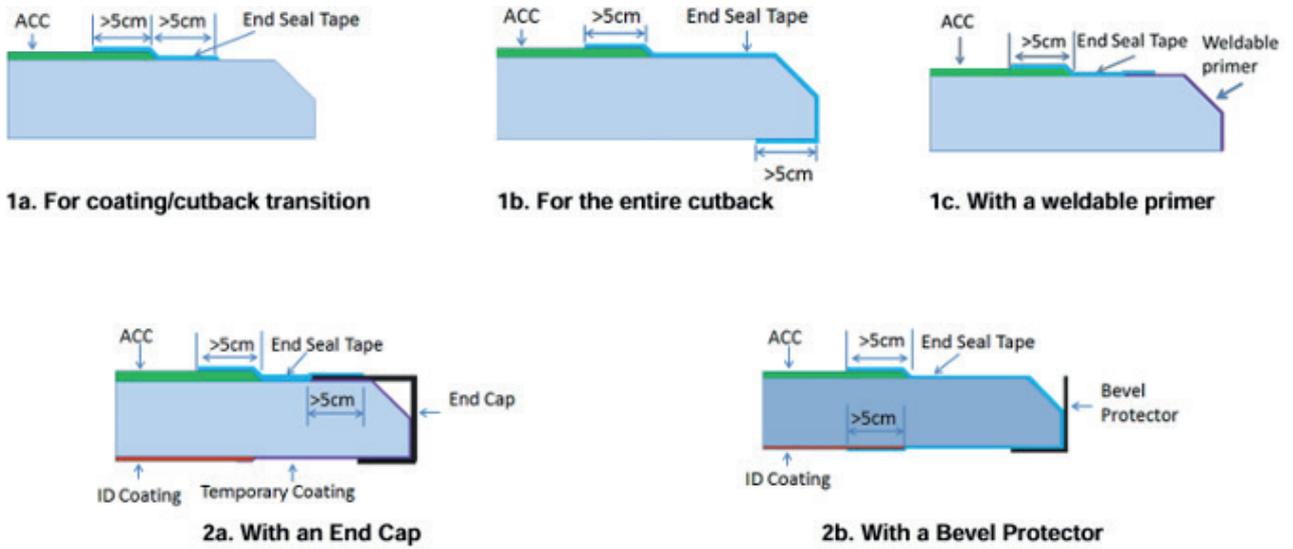


Figura 6. Esquema de aplicación de cinta selladora y/o tapas protectoras. Aclaración: ACC significa "Anti-corrosion coating") [2].



Figura 7. Mantas de PVC para la protección de los extremos en conjunto con protectores metálicos en los extremos.

*Nota: La cinta debe aplicarse con una doble envoltura completa al comienzo, en la transición cañería/tapa y al final; así como presentar un solapamiento del 50% entre envoltente y envoltente.

Independientemente del método elegido, si el almacenamiento será al aire libre, se recomienda el uso de bolsas deshidratadoras dentro de los extremos de las tuberías, de forma de adsorber el agua del aire y evitar posibles focos de corrosión. Dichas bolsas cuentan con cartas indicadoras del nivel de humedad dentro de las tuberías (lo que también permite identificar cuando es necesario cambiar la bolsa).

11 PROTECCIONES ADICIONALES

En caso de usar soportes de material metálico, los caños deberán ser aislados de los mismos para evitar daños al revestimiento por contacto entre caño-estructura. Para este fin se pueden hacer uso de materiales tipo teflón (similar a los utilizados en caños camisa).

12 CAÑOS CON CONTENIDO DE CROMO O DE ALEACIONES RESISTENTES A LA CORROSIÓN (CRA)

Los caños construidos con una CRA, aquellas recubiertas internamente por CRA o bien con un acero con alto contenido de cromo deben mantener algunos cuidados especiales que se describen en esta sección:

- 1) Estas cañerías se deben mover utilizando eslingas recubiertas con plástico o bien aptas para este objetivo.
- 2) Las cañerías con un contenido de cromo >9% deben ser manipuladas utilizando al menos 2 anillos protectores (bumper rings) ubicados en el cuerpo de la misma.
- 3) No deben utilizarse ganchos de acero.
- 4) Las herramientas utilizadas durante el manejo de estas cañerías deben ser no metálicas.
- 5) Evitar el contacto prologado de estas cañerías con acero al carbono.
- 6) Estas cañerías deben ser almacenadas en un área separada de las tuberías de acero al carbono y deben contar con tapas en los extremos que permitan proteger a la aleación de contaminación de acero al carbono.

13 BIBLIOGRAFÍA

[1] NAG 109, 1986, "Norma para almacenamiento de caños de acero revestido y sin revestir", Ente Nacional Regulador de Gas, Argentina.

[2] Guan William S., Bacon T., Chen Yew K., McLennan S. y Uppal N., "Preservation of Coated Pipes for Long Term Storage in Tropical Environment", Bredero Shaw, Singapur.