

Relleno de Fluido para Tuberías Termoplásticas

Introducción

El uso de relleno fluido, también conocido como Material de Baja Resistencia Controlada (CLSM, por sus siglas en inglés), Relleno de Densidad Controlada (CDF, por sus siglas en inglés) y Relleno de Lechada, está siendo utilizado cada vez más como cama de apoyo o material de relleno de tuberías. El término "relleno fluido" abarca una gran variedad de materiales de relleno que se utilizan como alternativas al material granular compactado. Los materiales de este tipo de relleno se componen de mezclas de arena, cemento Portland, cenizas volantes clase C o clase F y agua. Además, al momento de su colocación la mezcla suele ser fluida y autonivelante.

El relleno fluido es una alternativa al suelo convencional o al relleno de piedra, y desde hace algún tiempo se ha estado utilizando para aplicaciones e instalaciones particulares de tuberías. Tiene la ventaja de proveer rápidamente una excelente resistencia, a la vez que proporciona un método de instalación fácil y eficiente. El relleno fluido ha demostrado ser una alternativa viable cuando la disponibilidad de piedra, arena, u otros rellenos aceptables es limitada o su costo es tan alto que imposibilita su uso. A pesar de estas ventajas, es necesario que el relleno sea controlado y que se tomen precauciones para lograr una correcta instalación.

Uso de relleno fluido

A continuación, se presentan algunas ventajas y desventajas al momento de decidir si especificar o recomendar el relleno fluido en un proyecto.



Ventajas

- Permite zanjas más estrechas y menor alteración en el suelo nativo.
- Elimina la necesidad de compactación del relleno.
- Asegura una adecuada distribución del soporte alrededor de la tubería.
- Reduce la cantidad de material excavado en un proyecto.
- El tiempo, personal y equipo necesarios para instalar el relleno fluido son normalmente menores que los requeridos para la correcta colocación y compactación de materiales de relleno convencional, sobre todo los suelos de grano fino.
- El relleno fluido se puede hacer in-situ, usando el suelo nativo como parte de la mezcla en arenas limosas.
- El tiempo y el equipamiento necesarios para las pruebas de medición de resistencia a la compresión son a menudo menores que los requeridos para medir la compactación del suelo.

Desventajas

- Es más costoso que el material de relleno granular debido a la necesidad de más componentes y de su entrega especializada.
- Los componentes inadecuados de la mezcla pueden ocasionar que se dificulten las excavaciones futuras en el caso de requerir llaves o extensiones.
- No puede ser almacenado en terreno en montones como el relleno granular. El tiempo ahorrado en la colocación del relleno fluido a veces se contrarresta con la espera en la entrega de concreto premezclado.
- A menos que se tomen precauciones, el potencial de flotación de la tubería es alta durante el proceso de instalación.

Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla de CLSM para relleno fluido no es parte del alcance de este documento. El diseño de la mezcla de relleno fluido puede variar ampliamente. Sin embargo, es importante tomar precauciones para asegurar que la mezcla esté diseñada para proporcionar una resistencia adecuada, pero que al mismo tiempo sea lo suficientemente blanda como para permitir ser excavada en caso de que sea necesario. La mezcla de relleno fluido debe ser diseñada para cumplir con todos los requerimientos de resistencia y fluidez. Un rango sugerido para la resistencia a los 28 días es entre 50 psi y 100 psi.

Las mezclas que tienen una resistencia a la compresión a los 28 días mayor a los 100 psi debiesen evitarse, ya que aumentarían la dificultad de excavaciones futuras, de ser necesarias. El relleno fluido debe poder fluir hacia todos los huecos entre la tubería y las paredes de la zanja. El diseño de la mezcla debiese ser testeado en laboratorio antes de su instalación, para asegurar la obtención de los resultados apropiados durante su colocación en terreno. Una mezcla realizada en terreno también puede requerir monitoreo y ajustes para conservar la mezcla y las propiedades adecuadas. Estas variaciones en la mezcla en terreno pueden deberse a muchos factores, incluyendo el contenido de agua, temperatura y humedad ambiental durante la colocación.

Consideraciones de Instalación

Medio ambiente

El relleno fluido no puede ser utilizado en todas las condiciones de temperatura y tiempo. Se recomienda que la temperatura sea de por lo menos 5°C y que el suelo en contacto con el relleno fluido no esté congelado. No debiese haber precipitaciones considerables durante las primeras 24 horas después de su colocación.

Uniones

Para aplicaciones de relleno fluido se recomienda el uso de una unión hermética al agua. Con otros tipos de uniones, se deben tomar medidas de precaución para evitar la infiltración. No se permite que las partículas de grano fino en el material de relleno se infiltren en la unión. Esto dependerá casi por completo de la consistencia del diseño de la mezcla.

Colocación de relleno fluido

La excavación de la zanja debe hacerse según los procedimientos estándares y cumplir con todos los reglamentos de seguridad vigentes. El ancho de la zanja estará determinado por la resistencia del suelo nativo. Cuando existen in-situ materiales aceptables, como rocas u otros suelos de alta capacidad de soporte, es posible que los anchos de zanja se puedan reducir a 150 mm desde cada lado de la tubería, siempre que haya espacio suficiente para colocar y compactar adecuadamente el relleno en la zona de acostillado de la tubería. La Tabla 1 muestra los anchos de zanja típicos para una instalación de relleno fluido. Para suelos in situ blandos puede ser necesario un ancho de zanja mayor. Una vez que se haya excavado la zanja con el alineamiento y la pendiente adecuados, es posible proceder con la instalación de la tubería. La tubería debe ser colocada en la zanja y unida según las recomendaciones del fabricante.

Tabla 1. Anchos de Zanja Recomendados para Relleno Fluido

Diámetro Nominal del tubo mm (in)	Ancho mínimo de la Zanja mm (in)	Diámetro Nominal del tubo mm (in)	Ancho mínimo de la Zanja mm (in)
300 (12)	0,6	900 (36)	1,5
375 (15)	0,7	1.000 (40)	1,7
450 (18)	0,8	1.200 (48)	1,9
600 (24)	1,0	1.350 (54)	2,0
750 (30)	1,3	1500 (60)	2,3

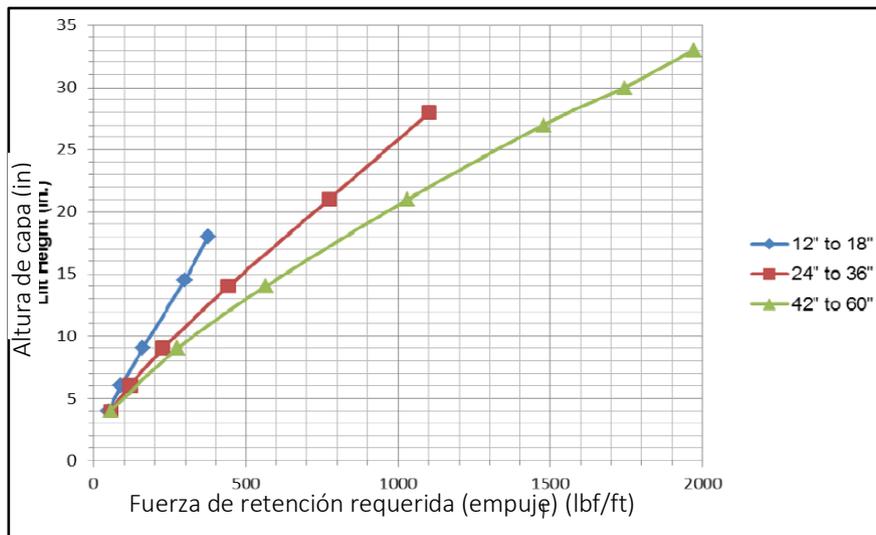
*AASHTO LRFD Sección C12.6.6.1, 2006

Durante la instalación, se recomienda el uso tanto de un sistema de anclaje como de capas sucesivas. Refiérase a la Figura 1 para recomendaciones capas y fuerzas de anclaje. Tenga en cuenta que el relleno debe ser ubicado de manera uniforme en ambos lados para evitar que fuerzas desequilibradas actúen sobre el tubo. Debe haber un periodo de espera entre capas, según lo especificado por el ingeniero de diseño. El tiempo de fraguado depende principalmente de la mezcla de diseño, la temperatura ambiente y la humedad. Se debe contactar al proveedor de la mezcla para determinar el tiempo de espera en terreno recomendado para un proyecto específico. La resistencia a la compresión típica del relleno fluido a la semana es de 40 a 60 psi. NOTA: El uso de plastificantes u otros aditivos puede afectar considerablemente el tiempo de curado y la resistencia a la compresión final. Para la mayoría de los proyectos de construcción, el trabajo se puede reanudar de 4 a 6 horas después de la colocación final. Si bien se recomienda colocar el relleno fluido en capas sucesivas, se podrá utilizar una capa continua si se han diseñado e instalado adecuadamente las medidas necesarias para prevenir la flotación, consulte la Tabla 2 para obtener recomendaciones.

Cuando se requiera colocar algún otro tipo de relleno adicional sobre el relleno fluido para llegar al nivel de subrasante del proyecto, éste no debe ser colocado hasta que el relleno fluido haya llegado a una resistencia a la compresión mínima, según lo determinado por el ingeniero de diseño. Si no se especifica la resistencia mínima o las limitaciones de tiempo no permiten la prueba de los cilindros, se puede hacer referencia a ASTM C403 y ASTM D6024 para determinar si el llenado fluido ha obtenido la resistencia adecuada.

Dado a que la humedad es beneficiosa para el curado, puede ser conveniente colocar una capa delgada de suelo (150 mm) en la parte superior del relleno fluido para mejorar el curado.

Figura 1. Alturas de Capas Recomendadas



* Asumir un peso unitario de llenado fluido de 150 pcf (~2.400 kg/m³) y sin agua al interior de la tubería.

Sistema de anclaje

Probablemente la mayor preocupación asociada al relleno fluido durante la instalación es su tendencia a hacer flotar la tubería. Los temas de flotación y desalineamiento son muy críticos y no deben ser ignorados. Cuando se utiliza este tipo de relleno, la ausencia del peso ejercido por un relleno tradicional sobre el tubo permitirá que este flote, ya que el peso propio de la tubería no compensa la fuerza de flotación ejercida por el relleno fluido. Por lo tanto, es imprescindible que la tubería esté anclada para mantener la alineación y pendiente previstas. Hay una serie de métodos aceptables para el anclaje de la tubería en la zanja.

Se puede suponer que, antes de endurecerse, el relleno fluido actúa como un líquido con una densidad de 2.200 kg/m³ (~140 pcf) a 2.400 kg/m³ (~150 pcf). Cuando se diseñan adecuadamente, los anclajes de la tubería deben compensar las fuerzas de flotación ejercidas por el fluido. Cuando se endurece el relleno, la flotación deja de ser una preocupación.

Entre algunos métodos de anclaje se incluye el uso sacos tierra o cemento o CLSM seco o suelo nativo colocado cada cierta distancia para cargar el tubo, o barras de armadura colocadas en una "X" por encima de la tubería y ancladas en la pared lateral de la zanja o el uso de equipos de construcción que se pueden ser utilizados mientras se cura la mezcla (por ejemplo, pluma de un camión / balde de la excavadora). Otros métodos disponibles en el mercado también pueden ser aceptables, pero el diseño y espaciamiento del sistema de anclaje final serán determinados por el ingeniero de diseño del proyecto. Para mayores antecedentes sobre restricciones e información técnica adicional relacionada con la flotación, refiérase a la Nota Técnica 5.05: Flotación de Tuberías

Tabla 2. Fuerza retención (empuje), a elevación continua

Colocación a profundidad completa del relleno fluido.		
DN tubo mm (in)	Altura de capa (Dia. externo tubo) mm (in)	Fuerza de retención requerida mm (in)
300 (12)	368 (14,5)	276 (186)
375 (15)	457 (18)	426 (287)
450 (18)	559 (22)	638 (429)
600 (24)	711 (28)	1.032 (693)
750 (30)	914 (36)	1.710 (1.149)
900 (36)	1.067 (42)	2.330 (1.566)
1.050 (42)	1.219 (48)	3.042 (2.044)
1.200 (48)	1.372 (54)	3.854 (2.590)
1.350 (54)	1.549 (61)	4.927 (3.311)
1.500 (60)	1.702 (67)	5.938 (3.990)

