

## **CONSIDERACIONES DEL ENCAMADO PARA EL TUBO DE CONCRETO**

Se podría confundir la facilidad de instalación con la facilidad del manejo. Aunque el tubo ligero es fácil de manejar, es mucho más delicada su instalación con respecto al tubo de concreto que es más pesado. El grado de dependencia de la interacción suelo-tubo es una medida de lo delicado de la instalación y por lo tanto de la facilidad de la instalación. La facilidad de instalación para el tubo de concreto junto con las nuevas poderosas herramientas para el ingeniero de diseño crean la oportunidad de ahorrar tiempo y materiales no renovables en los proyectos de infraestructura subterránea.

La resistencia del tubo de concreto se determina mediante una prueba de soporte de tres apoyos (3EB), estableciendo la resistencia del tubo bajo un punto severo de condición de carga. El diseño del tubo de concreto tradicional utiliza un factor de encamado de 2 aproximadamente para el material de encamado granular como significado para igualar la resistencia de la ecuación de la prueba de tres apoyos 3EB a la instalación propuesta. Esto significa que la prueba de tres apoyos medida para una grieta de 0.3 mm es equivalente a aproximadamente el doble de la carga de diseño. El factor de encamado conservador ha probado ser confiable durante varias décadas para una variedad de condiciones de instalación.

En contraste con la metodología para diseñar una instalación de tubo de concreto, la instalación del tubo flexible puede asociarse a la relación entre la rigidez del tubo y la rigidez del suelo requerida en la envoltura del suelo. La relativamente baja rigidez del tubo flexible debe compensarse asumiendo que el instalador puede ofrecer una rigidez alta del suelo mediante buenas técnicas de instalación. Se utiliza material granular importado en la instalación del tubo flexible para lograr la rigidez del suelo requerida. La envoltura granular debe proporcionar una presión uniforme alrededor de la circunferencia del conducto para permitir que la tubería mantenga una aproximación a la sección transversal circular original. El tubo termoplástico, que en la prueba de placa paralela tiene una rigidez de 320

Kpa se utiliza frecuentemente en el diseño con un modulo de reacción de suelo de 7000 Kpa. La rigidez del suelo deberá ser de alrededor de 22 veces mayor (7000/320) que la rigidez del tubo flexible. El diseñador del tubo flexible debe tener la confianza de que se han utilizado hipótesis realistas en su diseño y que el instalador está consciente y es capaz de proporcionar los parámetros supuestos del diseño en lo que pudieran ser posibles condiciones de campo adversas.

Nuevos diseños de encamado de concreto desarrollados por la Asociación Americana de Tubos de Concreto (ACPA) y subsecuentemente adoptados por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM), la Asociación Americana de Caminos Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO) han cambiado la forma en que se diseñan las instalaciones del tubo de concreto. El SIDD, el Diseño Directo de Instalación Estándar y una nueva herramienta poderosa de diseño, el PipePac, ofrecen nuevas oportunidades para optimizar las instalaciones al diseñador que quiera utilizar la fiabilidad y la facilidad de instalación del tubo de concreto. El PipePac es un paquete de diseño que permite la utilización del análisis de elementos finitos, en los cuales se basa el SIDD, para determinar la resistencia requerida del tubo para cualquier instalación. Esto es adicional a los métodos tradicionales utilizados durante décadas. El diseño de encamado SIDD toma en cuenta las limitaciones que no se tratan en el método tradicional de diseño, tales como:

- Las cargas que se considera que actúan solamente sobre la parte superior del tubo;
- El empuje axial no considerado;
- La dificultad para proporcionar un encamado “con forma”
- Los materiales de encamado y los niveles de compactación no definidos adecuadamente.

El modelo de elemento finito dicta ciertas configuraciones de encamado definitivas (ver la Figura 1) y niveles de compactación que pueden medirse (vea la Tabla 1)

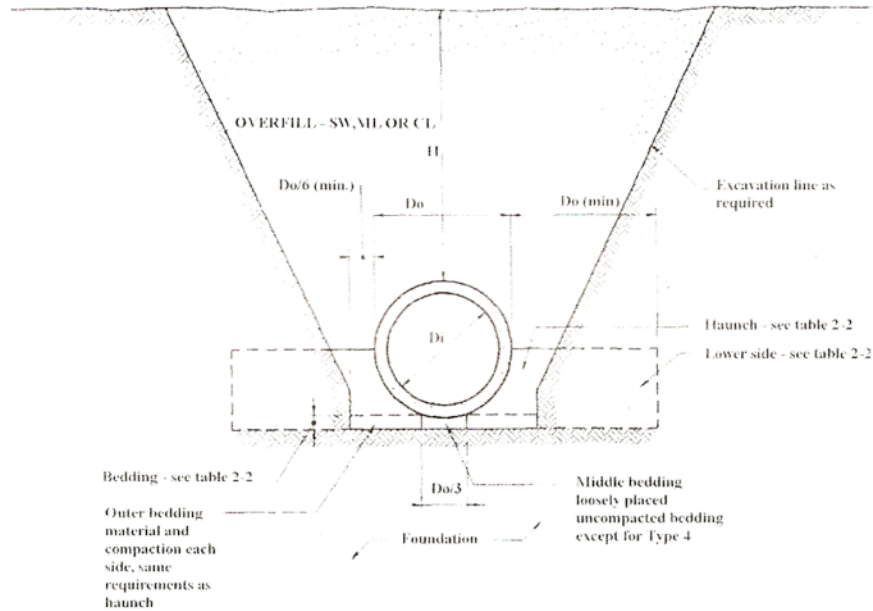


Figure 1: Standard Trench

**Tabla 1: Requerimientos de compactación**

Suelos de Instalación de encamado estándar y requisitos mínimos de compactación

Tipo de Instalación	Grosor c	Haunch (cadera) y encamado exterior:	Lado inferior
1	Do/24 mínimo, no menor a 75 mm. En caso de que existan cimientos de roca, se utiliza un mínimo de Do/12, no menor a 150 mm.	95% SW	95% ML o 100% CL
2	Do/24 mínimo, no menor a 75 mm. En caso de que existan cimientos de roca, se utiliza un mínimo de Do/12, no menor a 15	90% SW o 95% MI	95% CL

Material del encamado exterior y compactado a cada lado, mismos requisitos que el acostillado

Cimientos

**Figura 1: Una Zanja Estándar**

3	Do/24 mínimo, no menor a 75 mm. En caso de que existan cimientos de roca, se utiliza un mínimo de Do/12, no menor a 150 mm	85% SW, 90% ML o 95% CL	85% SW o 90% ML o 95% CL
4	No se requiere encamado, excepto cuando hay cimientos de roca, utilice Do/12 mínimo, no menor a 150 mm	No se requiere de compactación, excepto si CL, use 85%	No se requiere de compactación, excepto si CL, utilice 85% CL

- En donde Do es e diámetro exterior del tubo
- SW es el material granular (arena, grava, etc.)
- ML son sedimentos inorgánicos, arenas finas o sedimentos arcillosos con baja plasticidad
- CL son arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, etc.

El encamado SIDD permite una variedad de opciones de instalación que van desde un encamado granular de alta calidad hasta el empleo de materiales naturales. El diseño del encamado se deja al diseñador, quién es el indicado para determinar el diseño de instalación más apropiado para el proyecto bajo consideración. La decisión se debe basar en una combinación de temas, tales como la ubicación del proyecto, el uso final de la infraestructura, las condiciones del sitio, la disponibilidad de los materiales y los costos de instalación. Se le da al diseñador la habilidad de diseñar el proyecto mediante el uso de PipePac. Para conseguir una copia del Pipac, favor de comunicarse a nuestras oficinas, o en la pagina de internet [www.tubosdeconcreto.com.mx](http://www.tubosdeconcreto.com.mx) o [www.concrete-pipe.org](http://www.concrete-pipe.org)