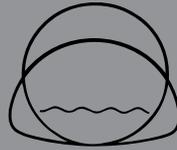


# NCSPA



## MANUAL DE INSTALACION para

- **Tubo de Acero Corrugado**
- **Placa Estructural**



## MANUAL DE INSTALACION — NCSPA

El Manual de Instalación NCSPA no es una publicación con derechos de autor (copyright). Si es extractado o copiado, se apreciarán los créditos a la Fuente.

\* \* \*

La información contenida en este Manual de Instalación es el producto de experiencia y práctica en la industria. Los métodos utilizados para instalar los tubos de acero corrugado pueden afectar tanto su eficiencia como su vida útil. Las situaciones que se describen en esta publicación y las técnicas sugeridas para la instalación son sugerencias generales y guías propuestas para advertir a los instaladores de la necesidad de una cuidadosa revisión de las condiciones en sitio. Cada instalación requerirá su propia evaluación individual. Los extractos o descripciones proporcionados en este documento son únicamente para información general. La Asociación Nacional de Tubos de Acero Corrugado (NCSPA) no asume ninguna responsabilidad por su uso.



Revisión – Octubre 2013

ASOCIACION NACIONAL DE TUBO DE ACERO CORRUGADO  
(National Corrugated Steel Pipe Association)

14070 Proton Road, Suite 100 LB 9

Dallas, TX 75244

Teléfono: 972.850.1907 • Fax: 972.490.4219

E-mail: [info@ncspa.org](mailto:info@ncspa.org) • Web: [www.ncspa.org](http://www.ncspa.org)

## TABLA DE CONTENIDO

---

<b>PROLOGO</b> .....	<b>5</b>
<b>PRINCIPIOS BASICOS PARA ADECUADA LA CONSTRUCCION</b>	
<b>E INSTALACION</b> .....	<b>6</b>
<b>UBICACION</b> .....	<b>7</b>
<b>EXCAVACION</b> .....	<b>7</b>
Condición de Terraplén .....	7
Condición de Zanja .....	7
Ancho y Forma de la Zanja.....	8
<b>PREPARANDO LOS CIMIENTOS</b> .....	<b>9</b>
Manejando Cimientos de Mala Calidad .....	9
Cimientos Irregulares.....	10
Cimientos Blandos .....	11
Cavidades de Suelo Inestable.....	11
Cimientos Mejorados.....	12
Asentamiento Bajo Cargas Elevadas de Relleno .....	12
Cimientos de Roca .....	13
Cimientos para Arcos .....	13
<b>ENSAMBLAJE DEL TUBO</b> .....	<b>14</b>
Descarga y Manejo .....	14
Abrazaderas de Conexión.....	14
Instalando las Abrazaderas de Conexión.....	15
Empaques.....	16
Masilla .....	18
Tubo con Revestimiento de Asfalto.....	19
Tubo con Solera Pavimentada.....	19
Tubo Completamente Revestido .....	20
Tubo con Revestimiento de Polímero.....	20
Tubo Abovedado .....	20
<b>ESTRUCTURAS DE PLACA ESTRUCTURAL</b> .....	<b>20</b>
Estructuras de Placa Estructural con Revestimiento en Campo.....	20
Herramientas Necesarias .....	21
Levantamiento de las Estructuras Ensambladas .....	21
Estructuras de Claros Grandes .....	23
Ayuda de Elevación .....	23

<b>TRATAMIENTO DE EXTREMOS .....</b>	<b>23</b>
Extremos Cortados .....	24
Muro Pantalla (Cut-Off Walls).....	25
Cabezales Prefabricados.....	26
Otros Tratamientos de Extremos .....	26
Desviación de la Corriente.....	26
<b>RELLENO .....</b>	<b>27</b>
Material de Relleno .....	27
Colocación del Relleno.....	27
Tubos Abovedados.....	32
Arcos.....	32
Estructuras de Diámetro Grande.....	32
Colocación Adecuada del Material .....	34
Colocación Nivelada del Relleno.....	35
Control de la Forma.....	35
Instalaciones de Barriles Múltiples.....	36
Estructuras de Claros Grandes .....	37
Relleno Final.....	37
<b>EQUIPO DE COMPACTACION .....</b>	<b>38</b>
Compactación Manual .....	38
Apisonadoras Mecánicas .....	38
Compactadores de Rodillo.....	38
Compactadores de Placa Vibratoria .....	38
Compactación Hidráulica .....	38
Protección de la Estructura .....	38
Cargas de Construcción .....	39
Protección Hidráulica .....	40
<b>RESUMEN.....</b>	<b>42</b>
<b>SUBDRENAJE .....</b>	<b>43</b>
Tubo de Subdren .....	43
Línea de Flujo.....	43
Preparando los Cimientos .....	43
Ensamblaje del Tubo de Subdren .....	43
Colocación Adecuada del Tubo de Subdren .....	44
<b>APENDICE .....</b>	<b>46</b>
Nivelación de la Alcantarilla y Tratamiento de la Descarga .....	46
Longitud de la Alcantarilla .....	46
Número de Esviaje .....	49

## PROLOGO

---

Este manual está destinado tanto para el contratista como el ingeniero. Proporciona información práctica para la instalación del tubo de acero corrugado tales como drenajes pluviales o alcantarillas. Además proporciona las consideraciones necesarias del diseño adecuado para conseguir un rendimiento a largo plazo de la alcantarilla o drenaje pluvial.

El tubo de acero corrugado con su elevada capacidad de carga, uniones fuertes y resistencia a la flexión es instalado con mayor facilidad que otros tipos de conductos. *Sin embargo, se deben seguir los procedimientos adecuados de instalación para asegurar el valor de inversión completo de la estructura.*

**La intención de este manual es de sugerir formas y medios para mejorar las prácticas de instalación. No está destinado a ser utilizado como una especificación directa, sino más bien como una guía de campo práctica para la instalación del tubo de acero corrugado, tubo abovedado y placa estructural.**

**No se puede dar demasiado énfasis en la necesidad de la compactación adecuada del relleno. ¡La compactación defectuosa ha causado más problemas en las instalaciones de los tubos flexibles y rígidos, que todos los demás factores combinados!**

Los reglamentos y normas de seguridad de OSHA y guías deben ser observados durante todas las etapas de construcción incluyendo la preparación de los cimientos, excavación, manejo del tubo, ensamblaje y relleno.

Información adicional está disponible en el Manual de Diseño de Tubos de Acero Corrugado NCSPA (NCSPA Corrugated Steel Pipe Design Manual) y las Especificaciones ASTM A 798 y A 807.

Este manual utiliza dos unidades de medida, mostrando primero las unidades Imperiales seguidas por las unidades métricas en paréntesis. Los dibujos o tablas complicados pueden ser duplicados en unidades métricas.

## PRINCIPIOS BASICOS PARA LA ADECUADA CONSTRUCCION E INSTALACION

---

Los planos y especificaciones del proyecto proporcionan los requisitos básicos para la construcción e instalación. Sin embargo, las condiciones del sitio de obra frecuentemente varían de aquellas anticipadas durante el diseño. El contratista e ingeniero de construcción debe reconocer estas variaciones. Frecuentemente son necesarias consideraciones de construcción alternativas o adicionales. Las siguientes guías proporcionan consideraciones y detalles específicos para varias condiciones en una secuencia de construcción paso a paso.

El siguiente resumen aparecerá nuevamente cerca del final del manual. Sin embargo, revíselo en este momento como un esquema básico de los pasos necesarios para una instalación adecuada:

1. Revisar la alineación en relación a los planos, así como las condiciones actuales del sitio de obra.
2. Asegurarse de que estén correctas la longitud(es) del tubo, los diámetros, los accesorios y aditamentos necesarios, etc.
3. Excavar al ancho correcto, alineación y nivel.
4. Proporcionar un cimiento uniforme, estable—corrija las condiciones del sitio de obra como sea necesario.
5. Descargar, manejar y almacenar el tubo correctamente y cuidadosamente.
6. Ensamblar el tubo adecuadamente—revisar la alineación, seguir los procedimientos especiales para la conexión de las abrazaderas, empaques, y otro equipo utilizado. (Para estructuras de placa estructural, mantenga la adecuada alineación del empalme de las placas, apriete de los pernos, y dimensiones de ensamblaje).
7. Utilizar un adecuado material de relleno (granular) como se requiere en los planos y especificaciones.
8. Mantener el ancho adecuado de relleno.
9. Acostillar el tubo adecuadamente.
10. Colocar y compactar el relleno en capas compactadas de 6 a 8 pulgadas (150 a 200 milímetros) de espesor.
11. Mantener la colocación y carga equilibrada del relleno durante todas las etapas de instalación, manteniendo a un mínimo la altura diferencial de lado a lado del relleno.
12. Instalar rápidamente el tratamiento de los extremos y descargas necesario para proteger el tubo contra erosión y fuerzas de flotación.
13. Proteger la estructura del equipo de construcción de cargas pesadas, otras cargas pesadas y fuerzas hidráulicas.

## UBICACION

---

Antes de instalar cualquier estructura de drenaje, primero es mejor volver a comprobar la alineación y nivel previsto (posición y porcentaje de la pendiente) del tubo en relación con la topografía del sitio de obra. Incluso cuando son proporcionados los planos de construcción completos, debe hacerse una examinación cuidadosa del sitio de obra.

## EXCAVACION

---

### Condición de terraplén

La única excavación requerida típicamente para una condición de terraplén es el remover la capa superficial del suelo, humus, material orgánico y otro relleno considerado inadecuado por el ingeniero de proyecto y preparar un cimiento estable a la elevación y nivel adecuado.

### Condición de Zanja

La mayoría de los drenajes pluviales son instalados en zanjas. A pesar de que los tubos pueden ser instalados fácilmente en una zanja, existen algunas guías generales que se deben seguir.

Todas las excavaciones de las zanjas deben continuarse únicamente hasta que se hayan cumplido los reglamentos de OSHA y otros requisitos de seguridad. La excavación de la zanja normalmente procede en dirección cuesta arriba. La mayoría del equipo del zanqueo es operado de manera más eficiente de esta manera, además las secciones de tubo son unidas más fácilmente cuando se procede en esta dirección. Si se utilizan los desechos excavados como relleno, deben ser almacenados a una distancia segura del borde de la zanja. Como regla general, cuando las paredes de la zanja no tienen soportes, la distancia desde la orilla de la zanja a la base del material almacenado no debe ser menor de la mitad de la profundidad de la zanja. Aun cuando las paredes de la zanja estén protegidas mediante una forma de tablaestaca o ademe, debe mantenerse una distancia mínima entre la orilla de la zanja y el material almacenado, pero variará con el tipo de suelo y apuntalamiento.

Siempre se debe tener cuidado en la operación del equipo en las inmediaciones de una zanja abierta. Operando demasiado cerca de la zanja, el peso del equipo y la vibración puede colapsar las paredes de la zanja. Las tres fases de construcción en una zanja (excavación, instalación del tubo, y relleno) se deben programar en estrecha secuencia una con la otra. Una zanja abierta es peligrosa y vulnerable a accidentes. Una excavación abierta puede resultar en

daños al proyecto bajo construcción. Los dos riesgos principales que siempre deben ser considerados en el trabajo de zanqueo son:

- Estabilidad de las paredes de la zanja; y
- Agua que pueda acumularse en la zanja como resultado de infiltración y escurrimiento superficial.

Para minimizar accidentes y pérdidas como resultado de operaciones de zanqueo se deben seguir los siguientes procedimientos:

- Comenzar la excavación únicamente cuando sea seguida inmediatamente de la instalación del tubo.
- Proteja las paredes de la zanja para asegurar su estabilidad a lo largo del periodo de construcción.
- Siga los procedimientos que mantendrán la zanja libre de infiltraciones y aguas superficiales.
- Excavar la zanja a la misma velocidad que la instalación del tubo con una distancia mínima, según lo dictado por factores de seguridad, separando las dos operaciones.
- Rellenar la zanja tan pronto como sea posible después de la instalación del tubo.

## **Ancho y Forma de la Zanja**

El ancho y forma de la zanja debe ser como se muestra en los planos. Cualquier cambio debe ser aprobado por el Ingeniero.

Generalmente, el ancho de la zanja será especificado como 12 a 48 pulgadas (300 a 1200 milímetros) más ancho que el tubo. Sin embargo, debe ser lo suficientemente ancho para permitir que los cuadrantes inferiores críticos del tubo (acostillados) sean rellenos adecuadamente. La figura 23 (página 36) proporciona guías acerca del espacio mínimo entre estructuras múltiples. Estas mismas guías pueden utilizarse para proporcionar el ancho necesario entre el tubo y la pared de la zanja para colocar adecuadamente y compactar el relleno típico. Puede utilizarse un menor espacio con lechada y otros materiales de relleno que no requieren compactación mecánica.

## PREPARANDO LOS CIMIENTOS

---

Los requerimientos de los cimientos del tubo deben estar detallados en las hojas de los planos. Sin embargo, las condiciones del sitio de obra varían a menudo requiriendo atención especial y alteraciones que son descubiertas únicamente durante la excavación. Cualquier alteración primero debe ser aprobada por el ingeniero de proyecto.

A pesar de que las estructuras de drenaje de acero corrugado pueden experimentar algunos asentamientos irregulares sin dislocarse o romperse, deben ser colocados en un cimiento uniforme, firme pero flexible para un mejor funcionamiento y una larga vida útil.

Todos los drenajes pluviales y alcantarillas se deben instalar con el área bajo los acostillados bien compactados y todos los espacios vacíos rellenos.

Para los tubos de acero corrugado, el método más popular de la preparación de los cimientos es excavando a una superficie plana y apisonando cuidadosamente el relleno bajo los acostillados del tubo. Puede alcanzarse una adecuada densidad del relleno compactando el suelo con un tablón de madera, de 2" x 4", o con pisones neumáticos de menor tamaño para eliminar todos los espacios vacíos bajo la estructura. Ver la Figura 1 (página 10) para los métodos típicos de la cama de apoyo de estructuras de acero corrugado y la descripción del 2" x 4".

Este método de "cimiento plano" funciona adecuadamente con excepción en los tubos abovedados más grandes y las elipses horizontales. El método de cama de apoyo en forma de uve para estas estructuras se muestra en la Figura 19 (página 31).

Todos los tubos deben ser colocados en suelo estable o cimientos granulares finos. Nunca deben instalarse en pasto, suelo congelado o en una cama que contenga rocas grandes o piedras. Cuando se encuentren cimientos de mala calidad con una capacidad de carga baja, investigue la posibilidad de cambiar la ubicación del tubo. De lo contrario, puede ser necesario el estabilizar los cimientos de mala calidad mediante un método descrito en la siguiente sección.

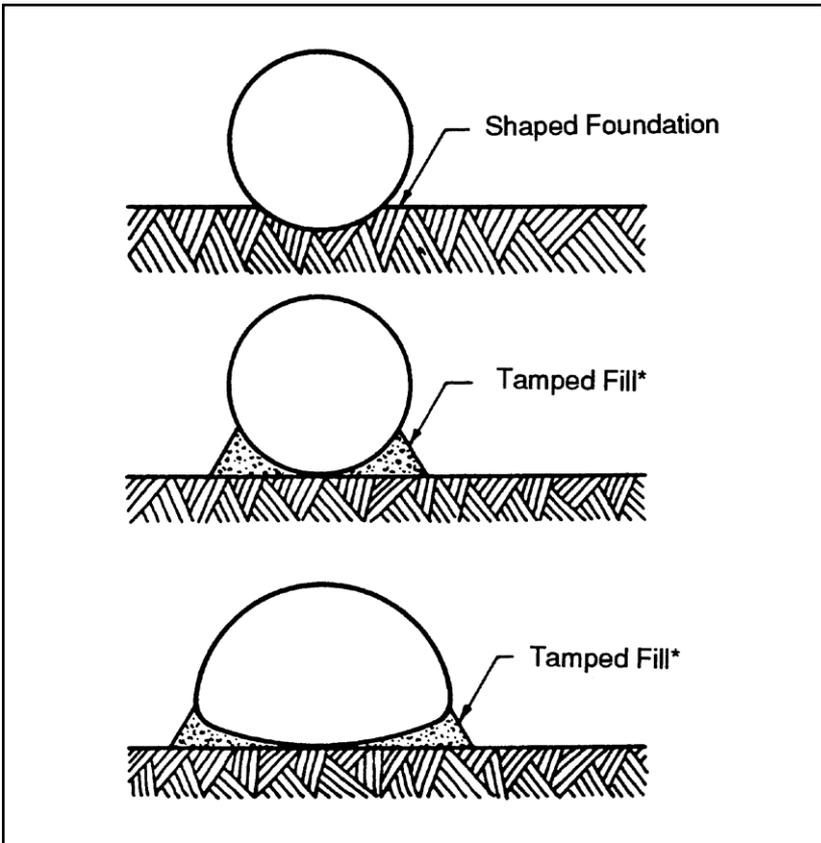
*Se debe tener cuidado en prevenir la filtración de agua a través del relleno o a lo largo de la longitud del tubo.* Cuando se han utilizado materiales granulares para la cama de apoyo y relleno selecto, los extremos expuestos de las pendientes de relleno deben ser sellados contra infiltración. Esto se puede realizar mediante la utilización de pavimentación de los extremos, muros de pantalla, construcción utilizando relleno impermeable o un tratamiento final similar que proteja contra la infiltración y migración de agua a través del relleno selecto del tubo y las zonas de la cama de apoyo.

### Manejando Cimientos de Mala Calidad

Si se encuentran cimientos de mala calidad o no uniformes, éstos deben ser manejados adecuadamente para asegurar resultados satisfactorios. El factor crítico es de conseguir la uniformidad, debido a la tendencia de los cimientos a ceder bajo el tubo en relación al terraplén a lo largo del tubo.

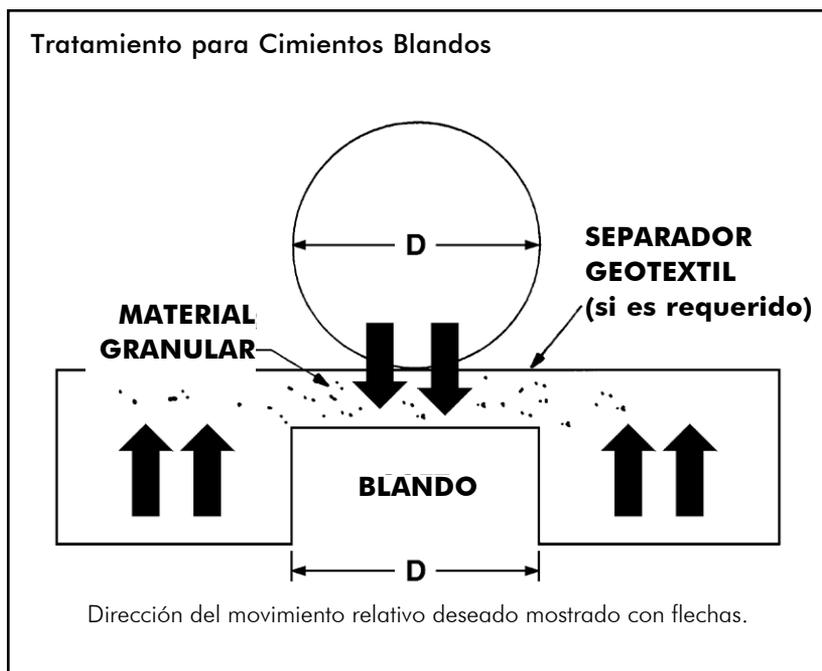
## Cimientos Irregulares

Cuando la línea de nivel excavada muestra tanto áreas blandas y duras, los cimientos deben ser cambiados para hacerlos lo más uniforme posible. Algunas veces áreas duras pueden ser excavadas por debajo de nivel y reemplazados con material más blando. Alternativamente, puede resultar ser más económico el excavar todos los cimientos ligeramente bajo la línea de nivel y reemplazarlos con material más adecuado, uniforme. En cualquier caso, deben ser evitados los cambios bruscos de cimientos duros a blandos.



**Figura 1.** Métodos para obtener la compactación adecuada bajo los acostillados del tubo de Acero Corrugado y tubo abovedado.

**\*Nota:** Cuando se apisona con un 2 x 4, la designación del 2 x 4 se seguirá utilizando como una expresión descriptiva sin convertirlo a métrico. Representa una sección transversal aproximada de un tablón de madera de 40 por 90 milímetros.



**Figura 2.**

## **Cimientos Blandos**

Cuando se encuentren materiales blandos e inestables al nivel de los cimientos, se deben excavar por debajo de la línea de nivel y rellenar para nivelar con arena, grava, piedra triturada u otro material adecuado. La zona de material selecto debe ser adecuada para soportar el tubo y el relleno. Cuando se encuentren materiales imprevistos, consulte con el ingeniero de proyecto.

## **Cavidades de Suelo Inestable**

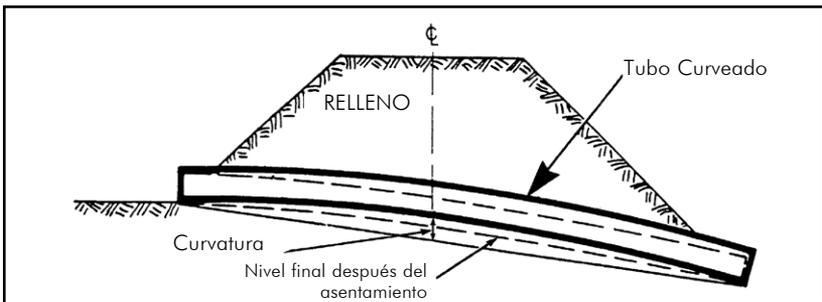
Si el material inestable de los cimientos se encuentra en pequeñas áreas, es mejor excavar todos los cimientos de mala calidad y reemplazarlos con material de relleno aceptable. Frecuentemente, una capa relativamente delgada de material granular proporcionará un soporte satisfactorio, pero puede ser necesario el reemplazar los cimientos muy blandos a una profundidad lo suficientemente grande como para soportar no sólo el tubo, sino también el relleno más pesado colocado junto a este.

## Cimientos Mejorados (para condiciones de soporte de los cimientos blandos, irregulares o inestables)

Siempre que los cimientos sean estabilizados mediante excavación y reemplazando los materiales deficientes, de mala calidad con un material granular de relleno agregado grueso, se vuelven aún más importantes las consideraciones de la cama de apoyo adyacente y el material de relleno. Las zonas de relleno lateral adyacente también deben estar adecuadamente soportadas para prevenir el asentamiento diferencial excesivo que podrían conducir cargas de arrastre sobre la estructura del tubo. Adicionalmente, los materiales de relleno de agregados finos pueden migrar hacia el relleno agregado más grueso. Se debe considerar el uso de un separador geotextil para prevenir dicha migración de las partículas de relleno. Los esfuerzos de sostener el tubo de acero corrugado o estructuras de placa estructural en pilotes intermitentes, caballete de pilote (pile bents) o cuna de concreto (concrete cradles) para proporcionar soporte en las zonas de soporte de cimientos de mala calidad crea un riesgo potencial de introducir problemas de asentamiento diferencial para el sistema de tubo y para el relleno lateral adyacente y por lo tanto deben ser evitados.

## Asentamiento Bajo Cargas Elevadas de Relleno (curvatura para instalaciones de terraplén)

Curvando la parte central de los cimientos compensará el asentamiento irregular bajo el peso de los terraplenes pesados. Esto asegura el nivel adecuado después del asentamiento y evita que la estructura se deforme en la mitad una vez que los cimientos se consoliden. Generalmente, puede obtenerse la curvatura suficiente instalando la mitad del tubo aguas arriba a un nivel plano y la mitad aguas abajo a un nivel más inclinado que el nivel normal como se muestra en la Figura 3 (a continuación). Si se considera que se necesita una curvatura basado en las condiciones de los cimientos del suelo, la cantidad de curvatura debe ser determinada por un ingeniero de suelos calificado. Si el tubo se está colocando en un cojín de roca u otro cimiento resistente adecuado, no se necesita ninguna curvatura, ya que el asentamiento anticipado puede ser menor.

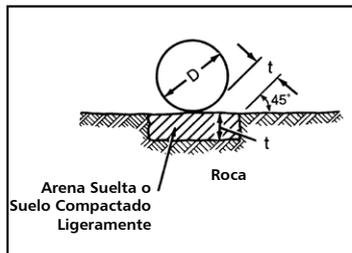


**Figura 3. Método correcto de curvatura del tubo para compensar asentamientos irregulares bajo rellenos elevados. Debe estar de acuerdo con los procedimientos proporcionados en el Manual de Diseño de Tubo de Acero Corrugado NCSPA.**

Tenga cuidado en no elevar el centro del tubo por arriba de la entrada del tubo, ya que esto acumulará agua en el tubo.

## Cimientos de Roca

Las rocas encontradas en el cimiento deben ser removidas para proporcionar más del espesor mínimo de la cama de apoyo bajo la base de la estructura. Excavar lo suficientemente ancho para evitar cualquier posibilidad de que el tubo se apoye en roca y proporcione suficiente acceso para el acostillado del tubo como se muestra en la Figura 4 (a continuación). El área excavada se rellena luego con suelo granular compactado para amortiguar el tubo.



**Figura 4. Método de manejo de cimientos rocosos.**  $t = 1/2''$  (13mm) por pie (0.30m) de relleno sobre el tubo, con máximo de 24'' (0.60m).

## Cimientos para Arco

Los arcos difieren de otras estructuras de placa estructural. Típicamente, son ensamblados sobre un cimiento de concreto armado. Estableciendo una estructura en un cimiento de concreto se puede realizar en una de dos maneras.

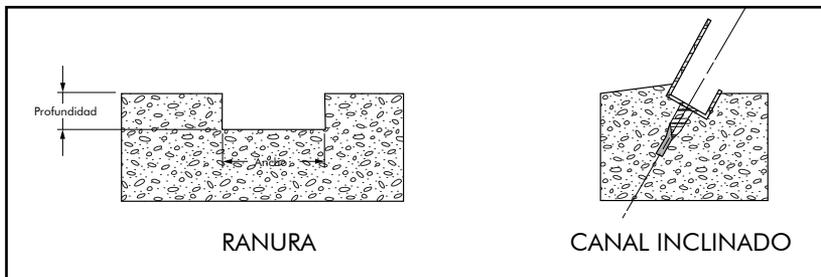
- 1) En una ranura o 2) en un canal inclinado.

### Ranura

Una ranura está formada dentro de los cimientos de concreto de ancho y profundidad suficiente para recibir la placa corrugada. Después del ensamblaje, se coloca una lechada sin contracción para rellenar el espacio. Esto elimina el acumulamiento de agua en la ranura formada.

### Canal Inclinado

Se utiliza un canal inclinado como una herramienta de construcción para ayudar a sujetar la placa durante el proceso de ensamblaje. Este canal se moldea durante la construcción del cimiento. Es importante que el canal este nivelado con los cimientos, paralelos a la zapata opuesta y colocado adecuadamente para asegurar que los orificios de alineación en el canal coincidan con los orificios en las placas.



**Figura 5. Opciones de los cimientos de Arco**

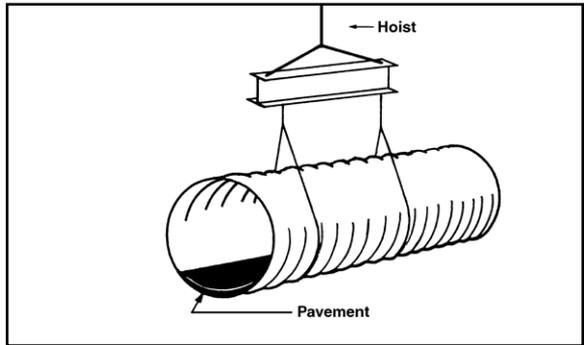
## ENSAMBLAJE DEL TUBO

### Descarga y Manejo

***Nunca se debe aventar el tubo directamente de la plataforma del camión durante la descarga.***

A pesar de que las estructuras de drenaje de acero corrugado soportan la manipulación normal, deben ser manejados con un cuidado razonable. Arrastrando el tubo en cualquier momento puede dañar los revestimientos. Además evite el golpear rocas u objetos duros al bajar el tubo dentro de la zanja. Algunas veces, los tubos están empaquetados en el camión con cintas de fleje de acero. No corte el fleje de acero alrededor de los paquetes hasta que los paquetes se hayan colocado al nivel del suelo, sean bloqueados o asegurados y no se moverán otra vez como una unidad.

Debido a que los tubos de acero corrugado son de peso relativamente ligero, pueden ser manejados con equipo más ligero. Se recomienda el uso de eslingas para sostener el tubo durante su levantamiento para manejar adecuadamente el tubo.



**Figura 6. Manejando una sección de tubo de diámetro grande con eslinga.**

### Abrazaderas de Conexión

El método usual de la unión de dos o más longitudes de tubo hecho en fábrica o tubo abovedado es con el uso de abrazaderas, las cuales se acoplan a los extremos de cada sección de tubo traslapando igualmente cada sección de tubo. Las abrazaderas, o coples, se clasifican generalmente como estándar o de empaque. Los sistemas estándar se utilizan para controlar la infiltración de suelos dentro del tubo en la mayoría de las aplicaciones. Cuando las abrazaderas no proporcionan un control adecuado de infiltración del suelo, una envoltura de geotextil alrededor del exterior del sistema de unión y tubo adyacente inhibirá el movimiento de partículas finas. Los sistemas de empaque son utilizados para limitar el flujo de agua adentro o afuera del tubo a través de un sistema de acoplamiento. Además pueden ser requeridos para suelos muy finos. En casos raros, una prueba de fugas puede ser requerido en la planta para calificar los sistemas de empaque para una aplicación específica (ver la norma ASTM A760).

Las abrazaderas de una pieza se utilizan para instalaciones de tubo de 12"-48" de diámetro. Las abrazaderas de "dos-piezas" son utilizadas en tubos de 54"-90" de diámetro. Se utilizan "sujetadores de pernos y abrazaderas" en diques, drenajes aéreos e instalaciones similares donde es esencial que las abrazaderas proporcionen uniones más apretadas y fuertes.

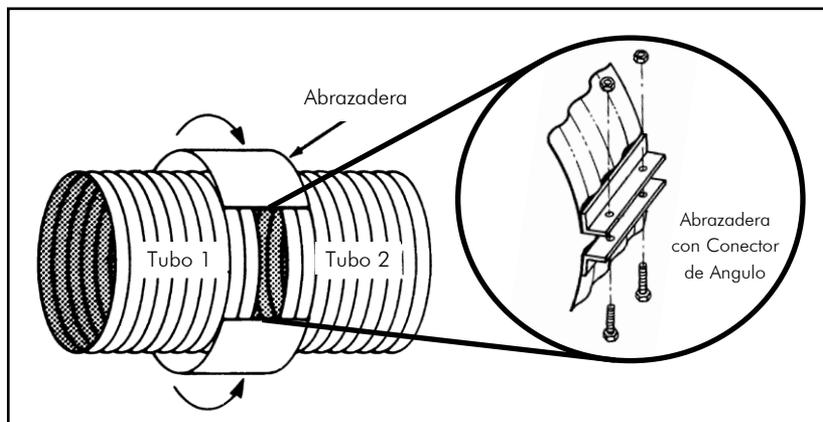
Las juntas estándar (abrazaderas) y su método de instalación son ilustrados en las Figuras 7 a 9. Pueden ser proporcionados conectores especialmente fabricados atornillados, soldados o remachados para su uso en condiciones especiales o inusuales. Si los extremos del tubo han sido marcados por el fabricante para coincidir, deben ser instalados en la secuencia correcta.

## Instalando las Abrazaderas de Conexión

Durante la construcción de un sistema de tubo de acero corrugado, se debe tener cuidado en el ensamblaje de las uniones para controlar tanto la infiltración como la exfiltración. Ambos procesos tendrán un efecto sobre los materiales de relleno debido que puede ocurrir migración de partículas de suelo. Esto es particularmente cierto cuando los suelos de grano fino (arenas finas y limos) están presentes en el material de relleno. Cuando sea necesario, puede utilizarse un empaque, una envoltura de geotextil o ambos para controlar la infiltración de finos.

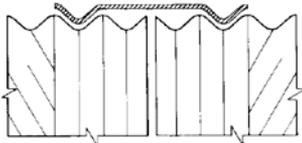
Las abrazaderas se ponen en posición al extremo de una sección de tubo con la abrazadera abierta para recibir la siguiente sección. La siguiente sección es llevada en contra de la siguiente sección o a 1 pulgada (25 milímetros). Después de revisar y ver que las partes unidas tanto de las abrazaderas como las secciones del tubo coincidan y el interior de las abrazaderas y el exterior del tubo estén libres de tierra, piedras, etc., son insertados los pernos y apretados.

Para acelerar la operación de acoplamiento, especialmente para estructuras de diámetro grande, un dispositivo de ajuste ayudará a apretar las abrazaderas. Los dispositivos de acoplamiento pueden ser utilizados para ajustarse sobre las abrazaderas de conexión y unir las rápidamente. La ventaja de estos dispositivos es que permiten el apretar los pernos a mano con mayor rapidez, de manera que se necesita una llave inglesa únicamente para el apriete final.

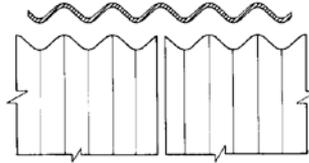


**Figura 7. La abrazadera de conexión típica es envuelta alrededor de la unión y une los tubos.**

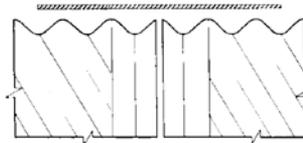
**Juntas Estándar**



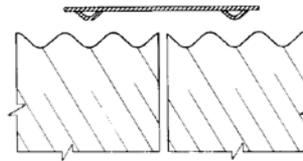
Semi-Corregado (Abrazadera)



Corregado (Anular)



Plano

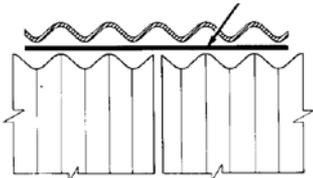


Universal\*

\*A menos que una indentación rellene cada valle de la corrugación, se requiere un empaque adecuado o envoltura de geotextil

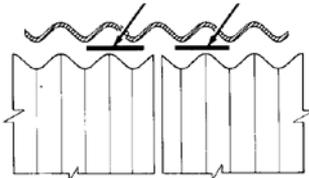
**Junta con Empaque**

Empaque Individual Plano



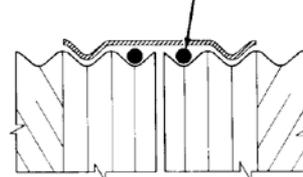
Corregado (Anular)

Empaque Doble Plano



Corregado Alternado (Anular)

Arosellos (O-Ring)

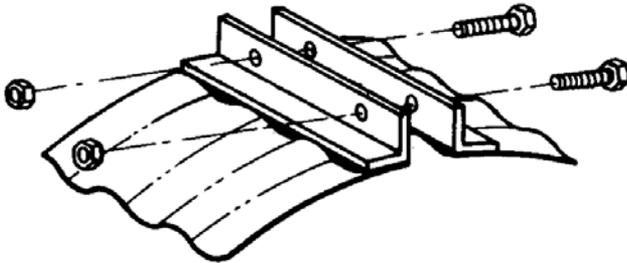


Semi-Corregada (Abrazadera)

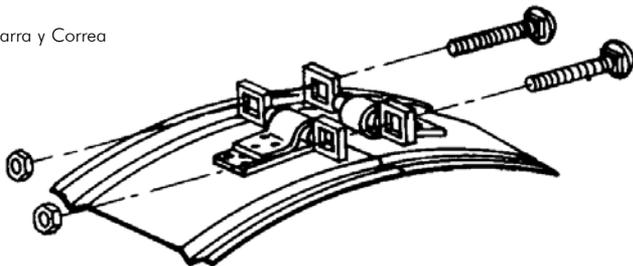
**Figura 8. Juntas estándar y con empaque para tubos de acero corrugado.**

### Conectores de Abrazadera Estándar de Tubo de Acero Corrugado

Abrazadera con Conector de Angulo



Conector de Barra y Correa



**Figura 9.** Estas abrazaderas de conexión de típicas son utilizadas con sistemas de juntas de Tubo de Acero Corrugado (TAC).

En tubos de diámetro grande y tubos recubiertos de asfalto, apretando únicamente los pernos no asegurará una unión hermética, debido a la fricción entre las abrazaderas y los extremos del tubo. En dicha instalación, golpee ligeramente la abrazadera con un mazo para tensar la holgura mientras la abrazadera es apretada.

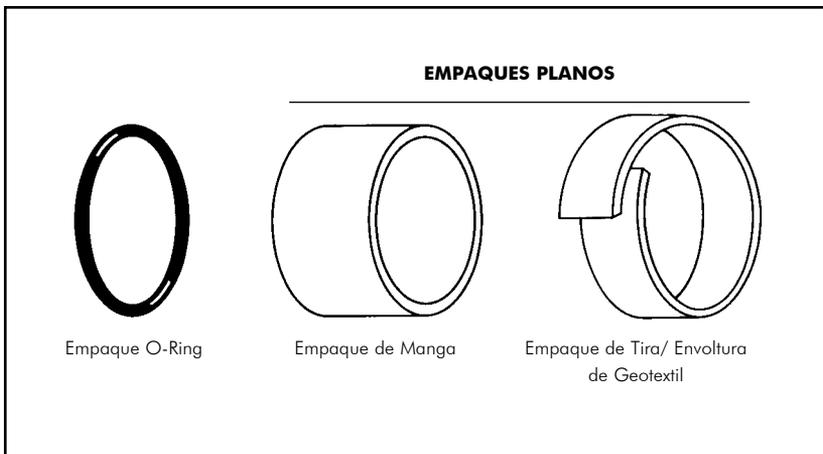
La llave utilizada para apretar las uniones de las abrazaderas puede ser de dado largo o con una llave de matraca para mayor rapidez.

Cuando se necesite, las abrazaderas pueden ser proporcionadas con empaques y/o masilla como sigue:

## Empaques

Los empaques de hule de celda cerrada, hule de butilo, neopreno, o empaques de hule de esponja de celda cerrada son los materiales de tipos básicos a proporcionar:

1. Los empaques de tipo anillo (O-ring) los cuales están empotrados en una corrugación rerolada y confinados por la abrazadera después de que se complete la unión.
2. Los empaques planos son colocados a cada extremo del tubo formando una unión y confinados mediante la abrazadera,
3. Un empaque laminado plano es colocado sobre los extremos de ambos tubos,
4. Un empaque que normalmente es colocado en el canal de la abrazadera con brida.



**Figura 10. Empaques típicos para utilizarse con las abrazaderas (cuando sea necesario).**

Para todos los empaques instalados en campo, debe ser insertada una varilla redonda lisa por debajo del empaque y llevarla alrededor de la circunferencia dos o tres veces para igualar la elasticidad en el empaque. En tubos con revestimiento de asfalto puede ser necesario limpiar la ranura del empaque para asentarlos adecuadamente en el empaque. La alineación y ensamblaje de las secciones del tubo son extremadamente importantes cuando se utilizan empaques. Debe ser aplicado un lubricante en el empaque para una instalación adecuada según lo recomendado por el fabricante. Si se requiere una prueba de estanquidad para aprobación final, el contratista deberá conducir su propia prueba después de que varias uniones sean ensambladas como una comprobación de sus métodos de ensamblaje.

## **Masilla**

La masilla puede ser aplicada a la abrazadera o al tubo antes de ser colocado y del tensando la abrazadera. Deberá utilizarse una cantidad suficiente de masilla para rellenar el espacio de la unión entre la corrugación y la abrazadera exprimiéndola ligeramente hacia afuera.

## **Tubo con Revestimiento de Asfalto**

A pesar de que el tubo con revestimiento de asfalto es colocado y unido de la misma manera que un tubo galvanizado, se debe poner especial atención al unir las abrazaderas. Las superficies de contacto de las abrazaderas y el tubo pueden necesitar ser lubricadas. Esto permite que la abrazadera se deslice fácilmente alrededor del tubo para que sea colocado firmemente en su lugar. La lubricación es especialmente necesaria cuando las superficies estén frías. Además, golpeando ligeramente las abrazaderas con un mazo durante el apretado ayudará a asegurar las uniones adecuadamente.

## **Tubo con Solera Pavimentada**

El tubo con solera pavimentada debe ser almacenado e instalado con un pavimento liso y grueso en la parte inferior. Por lo demás, la instalación de un tubo de solera pavimentada es igual que para el tubo de acero galvanizado corrugado.

Si daño en el revestimiento expone el galvanizado, estas áreas deben ser reparadas con asfalto o bitumen antes de que la estructura sea rellenada. Asegúrese de que las secciones de tubo son instaladas con las porciones de solera pavimentada alineadas y colocadas adecuadamente.

## **Tubo Completamente Revestido**

El tubo 100% revestido con pavimento es básicamente una extensión del pavimento de la solera del tubo incluyendo completamente la periferia. Debido a que el pavimento cubre todas las corrugaciones del interior, el tubo no debe ser sujeto a manejo brusco. Debe evitarse el almacenamiento prolongado del tubo completamente revestido en cualquier época del año.

## **Tubo con Revestimiento de Polímero**

El tubo con revestimiento de Polímero debe ser instalado de la misma manera que el tubo con revestimiento de asfalto. No se requiere lubricación a menos que se utilicen empaques.

## **Tubo Abovedado**

Las estructuras de tubo abovedado de acero corrugado son instaladas de una manera similar al tubo redondo. Sin embargo, debido a la forma única de los tubos abovedados, debe tomarse especial cuidado cuando se instalen y rellenen estas estructuras (ver la página 32). Las recomendaciones con respecto al ensamblaje y conexión de los distintos tipos de estructuras de tubo de acero corrugado se aplican también generalmente a los tubos abovedados. Se requiere cuidado especial cuando se instalen y aprieten las abrazaderas para asegurar el mejor y más consistente ajuste posible para estas estructuras de múltiples radios, prestando especial atención a las área de acostillado y solera cuando se instalen las abrazaderas.

## **ESTRUCTURAS DE PLACA ESTRUCTURAL**

---

La principal diferencia entre la placa estructural y el tubo fabricado en fábrica es que la placa estructural es ensamblada atornillando las placas de acero corrugado fabricadas en el sitio de instalación. Usualmente los camiones entregan las pilas de placas al sitio y se requiere equipo para levantar dichas pilas intactas. Las placas individuales pueden ser removidas y colocadas con equipo ligero. La preparación de la base de los cimientos y relleno son los mismos de aquellos descritos para el tubo de acero corrugado.

### **Estructuras de Placa Estructural con Revestimiento en Campo**

El revestimiento en campo asfáltico deberá ser aplicado de acuerdo a las instrucciones de aplicación del fabricante y las hojas de datos de seguridad (SDS).

El revestimiento deberá ser aplicado en una superficie limpia, libre de tierra, aceite, grasa, u otra materia extraña, cuando la temperatura atmosférica esté por arriba de 40°F (4°C) y la humedad sea lo suficientemente baja para que la superficie del metal pueda mantenerse seca.

El revestimiento puede ser aplicado por spray, brocha, o paleta según lo requerido por el fabricante para alcanzar un espesor seco uniforme de 0.05 pulgadas (1.3 milímetros).

Se recomienda que una vez que el material llegue a la ubicación de almacenamiento o destino final, las placas deben ser separadas en sitio con espaciadores de tira para proporcionar libre acceso de aire en todas las partes. Además el material debe estar inclinado o colocado para maximizar escurrimiento. Además el material debe ser almacenado bajo una cubierta siempre que sea posible.

## Herramientas Necesarias

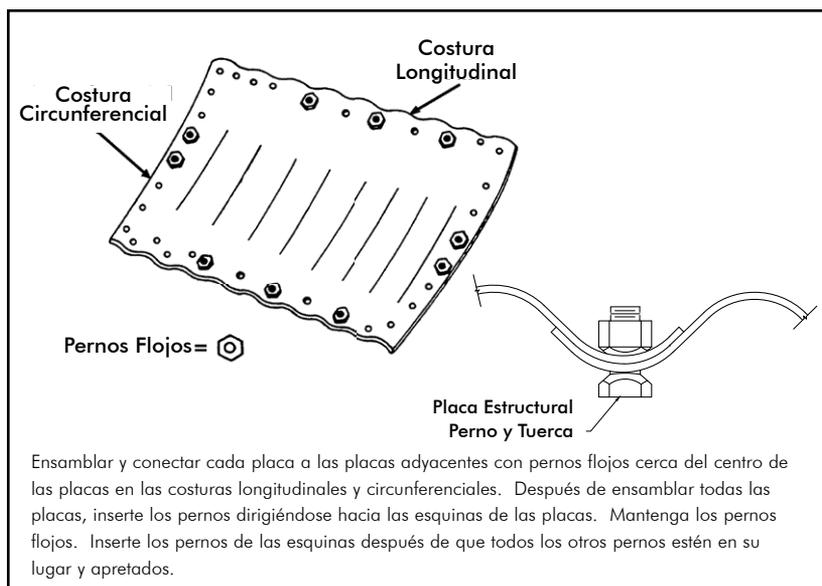
Las herramientas adecuadas acelerarán el armado de la placa estructural. Estas incluyen llaves de combinación (estándar) y llave de dados, barras de alineación, punzón de clavos y ganchos de manejo.

Si se utilizan llaves eléctricas, revise cuidadosamente el torque de los pernos debido a que es fácil para estas llaves de salirse de ajuste. El uso adecuado de una llave de dados con mango largo o una llave medidora de torque asegurará que los pernos estén adecuadamente apretados.

## Ensamblaje de la Placa

Cada estructura de placa estructural es enviada completa con todas las placas necesarias, pernos y tuercas para el ensamblaje. Dentro de uno de los contenedores de pernos (claramente marcado) se encuentran las instrucciones de ensamblaje detalladas, mostrando la posición de cada placa y el orden de ensamblaje. Revisar y familiarizarse con estas instrucciones antes de empezar el ensamblaje.

Los pernos y tuercas de ensamblaje están diseñados especialmente con cuellos redondos o esféricos para ajustarse ya sea en la cresta o valle de las corrugaciones, proporcionando soportes con mayor superficie de contacto con las placas sin el uso de arandelas. Note que los pernos y tuercas deben ser instalados de tal manera que la parte redondeada esté en contacto con las placas.



**Figura 11. Método de colocar los pernos de la placa estructural.**

Las estructuras de placa estructural deben ensamblarse con el menor número posible de pernos hasta que todas las placas estén en su lugar. Son suficientes tres o cuatro pernos “apretados a mano” colocados cerca del centro de cada placa a lo largo de las costuras longitudinales y circunferenciales. (Ver la Figura 11, página 21).

Después de que varios anillos (un anillo es una serie circunferencial de placas requeridas para hacer un círculo continuo) han sido ensamblados, pueden ser instalados los pernos restantes, pero no muy apretados, dirigiéndose siempre del centro de la costura hacia las esquinas de las placas. No inserte los pernos de las esquinas hasta que todos los demás estén en su lugar y apretados. La alineación de los agujeros de los pernos con una barra se realiza más fácilmente cuando los pernos están flojos. La alineación con un punzón de clavos se hace mejor cuando los pernos adyacentes están apretados.

Apretar las tuercas progresiva y uniformemente, iniciando a un extremo de la estructura, una vez de que todas las placas han sido ensambladas. Después repita la operación para asegurarse que los pernos estén bien apretados. Deben ser aplicados 100 a 300 pies-libra (140 a 400 newton~metros) de torque. No sobre apriete.

Una placa bien ajustada es más importante que un apretado fuerte de los pernos. Algunas estructuras requieren procedimientos alternativos – consultar las instrucciones de ensamblaje del fabricante.



**Figura 12** Métodos de levantamiento modernos son utilizados en el ensamblaje de la placa estructural.

## **Levantamiento de las Estructuras Ensambladas**

El levantamiento de secciones de estructuras pre-ensambladas o estructuras completas es un método de instalación comprobado y bastante común. Sin embargo, debe prestarse atención a las técnicas correctas y las medidas de seguridad. Las estructuras deben levantarse cuidadosamente de una manera controlada y equilibrada.

Se recomienda el uso de eslingas y/o cables en todo el perímetro. Sin embargo, muchas estructuras se han levantado en su lugar utilizando pernos de argolla, dispositivos de levantamiento de las placas, u orejas de izaje. El tipo, número y ubicación de los dispositivos de levantamiento dependerán del tamaño, longitud y peso de la estructura. Los dispositivos de levantamiento están normalmente colocados en la costura o en una costilla según sea aplicable, con los adecuados refuerzos, arandelas, etc. utilizados para distribuir la carga.

El aparejo de una estructura que es levantada en su lugar se realiza proporcionando el peso entre los puntos de levantamiento para lograr una carga equilibrada y controlada. Si se utilizan dos conjuntos de montaje de levantamiento, estos se encuentran generalmente en los puntos de longitud de  $1/4$  y  $3/4$ . Cuando se utilizan cuatro o más puntos de levantamiento, deben ser colocados de manera similar para asegurar una carga equilibrada y controlada.

## **Estructuras de Claros Grandes**

Las estructuras de claros grandes son tubos o arcos de placa estructural grandes a los cuales se aplican los requisitos generales de ensamblaje de la placa estructural. Sin embargo, debido a su tamaño, las placas deben ser firmemente atornilladas a medida que son colocadas. Debido a que gran parte de la resistencia de estas estructuras se deriva de su forma, tanto la altura (flecha) como el ancho (luz) de la forma ensamblada deben estar dentro del 2 por ciento de las dimensiones de diseño antes del relleno. Con cualquier estructura de claros grandes, el fabricante debe cubrir los requisitos de instalación especificados en la junta de pre-construcción.

## **TRATAMIENTO DE EXTREMOS**

---

En muchos casos, los extremos de los tubos de acero corrugado que sobresalen a través del terraplén pueden ser simplemente especificados como extremos cuadrados, esto es, no biselados o esviajados. El extremo cuadrado es el más bajo en costo y fácilmente adaptable para proyectos de ampliación de la carretera. Para estructuras mayores, la pendiente puede ser curvada alrededor de los extremos para evitar inclinaciones graves o biseles en el extremo del tubo. Cuando se desee para consideraciones hidráulicas, pueden proporcionarse secciones de cabezales prefabricados para tubos fabricados. Tales secciones en los extremos pueden ser atornilladas directamente al tubo.



**Figura 13. Instalación de Múltiples Barriles con Tratamiento de Bisel Escalonado.**

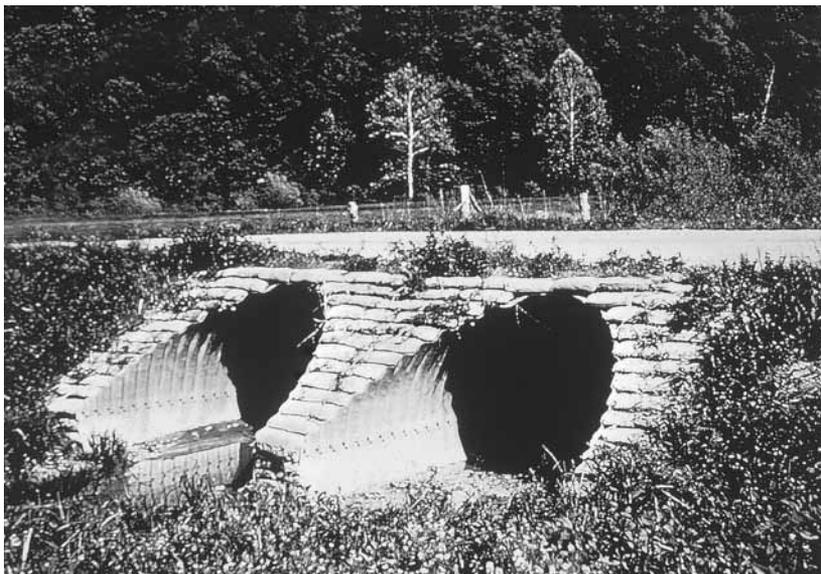
Cuando se especifica, los extremos de las estructuras de acero corrugado pueden ser cortados (biselado o esviado) para que coincidan con la pendiente del terraplén. Sin embargo, cortando los extremos reduce significativamente la capacidad de la sección final de la estructura a resistir la compresión circunferencial y fuerzas de levantamiento. Por lo tanto, los extremos con cortes severos deben ser reforzados, particularmente en estructuras grandes. Para detalles completos, consultar el *Manual de Diseño de Tubos de Acero Corrugado*.

El tratamiento de los extremos debe ser construido como se muestra en los planos y especificaciones. El tratamiento de los extremos debe ser completado lo más rápidamente posible para minimizar problemas de erosión y daños a la estructura si surgiera una tormenta u otra circunstancia.

### **Extremos Cortados**

Al cortar los extremos de las estructuras de acero corrugado, puede eliminarse frecuentemente la necesidad de un acabado final. Los extremos cortados, proporcionados para pendientes de terraplén específicos, son proporcionados por el fabricante. Las estructuras de acero corrugado se pueden proporcionar con un escalón-biselado, bisel o una combinación de esviaje y bisel.

Se recomienda que el talud del terraplén alrededor de los extremos cortados de una estructura esviados o biselados sean protegidos contra erosión y socavación mediante una escollera de piedra alrededor del extremo de la estructura, bolsas de rellenos con una mezcla de arena-cemento seco, o mediante el uso de un material de refuerzo para el talud. Ver Figura 14 (página 25).



**Figura 14. Embankment erosion protection using bags filled with sand-cement mixture.**

El ángulo máximo permisible para los extremos cortados esviajados no reforzados depende del ancho del tubo (o para múltiple estructuras, su ancho combinado) así como el relleno del talud. Anchos mayores o relleno de talud más inclinados limitan el grado de inclinación que puede utilizarse sin refuerzo. Cuando el ángulo de inclinación es excedido, los extremos cortados pueden ser reforzados con mampostería, muros de cabecera de concreto o vigas de concreto.

Para estructuras de mayor ancho o para múltiples estructuras, este límite tiene que ser visto en cuanto al mantenimiento del equilibrio razonable entre las presiones del suelo de lado a lado, perpendiculares a la línea central de la estructura(s). Para estructuras individuales o múltiples, el ingeniero de diseño debe proporcionar el reforzamiento adecuado y la protección final en los planos y especificaciones.

Deben ser evitados los biseles largos para taludes mayores de 2:1 con o sin esviaje. Los extremos largos cortados requieren un cuidado extra en el diseño, levantamiento y relleno. Es preferible el utilizar un bisel más pronunciado y sin esviaje y luego curvar el relleno del talud para ajustarlo a la estructura. Los extremos cortados de las estructuras de acero corrugado, donde el bisel excede 2:1 y/o la inclinación es mayor de 15 grados, deben tener los extremos reforzados con mampostería o cabezales de concreto y anclados de acuerdo con las especificaciones. Más información detallada sobre los límites de diseño es proporcionada en el *Manual de Diseño de Tubo de Acero Corrugado Acero Corrugado NCSPA*.

## **Muro Pantalla**

Los muros pantalla (cut-off walls) protegen la estructura de presiones hidráulicas de flotación bajo la solera y de fuerzas de flujo dinámico. Mientras que los muros pantalla son a menudo innecesarios en aplicaciones de diámetro pequeño (~18" diámetro), tubos igualadores, etc., las estructuras grandes, tubos con un gran radio inferior tales como los tubos abovedados u otros tubos en aplicaciones donde las corrientes son rápidas o los niveles de agua suben o bajan rápidamente son más susceptibles a daño hidráulico. Estas últimas condiciones deben ser investigadas por el ingeniero de diseño.

## **Cabecales Prefabricados**

Cabecales prefabricados proporcionan un método práctico y económico de acabar las alcantarillas. Las secciones son unidas al tubo o extremos de tubo abovedado mediante simple conectores – similares a las abrazaderas de unión utilizadas para unir las secciones de tubo – y pueden ser completamente recuperadas si es necesario el alargamiento o reubicación de la alcantarilla.

## **Otros Tratamientos de Extremos**

Mientras que las estructuras de acero corrugado no requieren usualmente muros cabecales (headwalls), prácticamente se puede utilizar cualquier tipo. Donde los terraplenes deben estar aislados, las láminas de cabeceras completas o a la mitad de la altura son eficientes y económicas. Si es requerido por apariencia, pueden utilizarse también muros de cabecera o medias cabeceras de concreto o mampostería en todo tipo de estructuras de drenaje de acero corrugado. Sin embargo, como en el caso de los tubos rígidos, las cabeceras deben ser soportadas por cimientos adecuados.

## **Desviación de la Corriente**

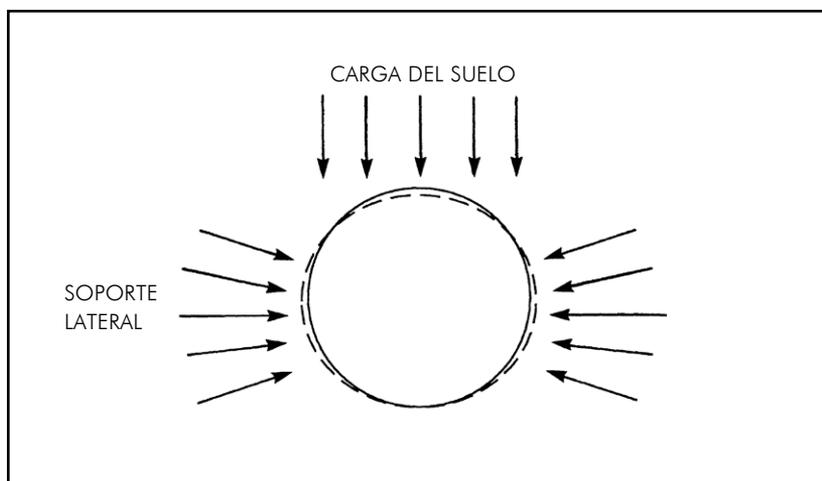
Si la corriente es desviada temporalmente durante la construcción, una zanja de desvío o tubo de drenaje temporal debe ser suficiente para soportar el flujo de tormentas. Por supuesto, el tiempo de construcción corto, es útil limitando esta exposición. La instalación del tubo debe estar protegida de flujos de tormentas mediante un dique temporal, ataguía, etc.

Si la estructura debe llevar el flujo durante la etapa de construcción, el extremo de aguas arriba debe estar protegido con el adecuado tratamiento final, etc. para asegurarse de que el flujo no se desvíe alrededor o al lado del tubo arrastrando de este modo el relleno mientras es colocado o flotando el tubo. En la fase de construcción, es recomendable el construir y rellenar primero el extremo de aguas arriba. (Ver Protección Hidráulica, página 40.)

## RELLENO

La capacidad de carga de cualquier tipo de tubo depende en gran medida del relleno adecuado. Los tubos de acero corrugado crean un soporte lateral cuando se deflexionan bajo la carga.

Por lo tanto para obtener una máxima resistencia y prevenir el lavado y asentamiento, es necesario que el relleno este conformado de buen material, colocado adecuadamente, compactado cuidadosamente y protegido.



**Figura 15. El soporte lateral del tubo es desarrollado mediante ligera deflexión del tubo bajo la carga.**

### Material de Relleno

Los materiales selectos y permeables alcanzan los mejores resultados. Sin embargo, muchos materiales de relleno locales pueden cumplir con los requerimientos si son colocados cuidadosamente y compactados. Consulte con el ingeniero de diseño o un ingeniero de suelos para la selección de un relleno adecuado. Es ideal utilizar material granular bien graduado conteniendo una cantidad pequeña de limo o arcilla debido a que forma un relleno denso y estable. El material de relleno debe estar libre de rocas y terrones duros mayores de 3 pulgadas (75 milímetros) en tamaño. No debe contener ningún material congelado, pasto, cenizas o tierra que contenga materia orgánica.

### Colocación del Relleno

No se puede dar demasiado énfasis en la necesidad de la compactación adecuada del relleno. ¡La compactación defectuosa ha causado más problemas en las instalaciones de tubos flexibles y rígidos, que todos los demás factores combinados!

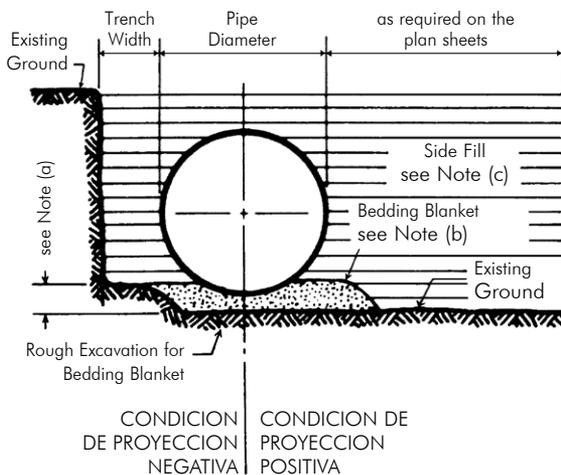
Para instalaciones en zanja, el relleno debe seguirse lo más cerca posible de las etapas de excavación y ensamblaje. Las instalaciones del terraplén típicamente son rellenadas después de que es ensamblada la estructura completa, o la mayor parte de ésta. A menos de que los materiales de terraplén y de relleno sean colocados simultáneamente, uno debe ser escalonado para que el otro pueda ser compactado en contra del primero.

El relleno debe ser compactado cuidadosamente bajo los acostillados (parte inferior de la estructura exterior, por debajo de la parte más ancha); debe tomarse especial cuidado cuando se haga esto en los tubos abovedados.

Continuar colocando el relleno equitativamente en ambos lados del tubo en espesores de capas compactadas de 6 a 8 pulgadas (0.15 a 0.20 metros), compactar completamente cada capa a 90% de Densidad Próctor Estándar (AASHTO T99). Tales capas compactadas deben extenderse a los límites mostrados en los planos a cada lado de la estructura, o al lado de la zanja, o a la línea del terreno natural.

Un problema en el relleno es la frecuente inclinación de la cuadrilla de instalación para tener el material de relleno vertido en montones alrededor del tubo. Tales montones de material son raramente extendidos de manera que tengan una profundidad máxima de capas compactadas de 6 a 8 pulgadas (0.15 a 0.20 metros). Si la cuadrilla de relleno trabaja muy rápido, la cuadrilla de compactación no tendrá la oportunidad de compactar adecuadamente el primer material antes de que más material sea colocado en la zanja. Si el material de relleno es seleccionado correctamente, bien colocado y además adecuadamente compactado, existe poco peligro de que algo salga mal con la instalación. Ver Figuras 16-19 (páginas 29-31).

El relleno debe ser colocado y compactado completamente al nivel de cubierta mínima sobre la estructura antes de que el tubo sea sujeto a cargas viales o de construcción ligera. **Cuando el equipo de construcción que supere las cargas viales legales cruzará el tubo, se requiere un espesor extra de relleno compactado, más allá del requerido para la cobertura mínima o prevista. Ver cargas de Construcción, página 39.**

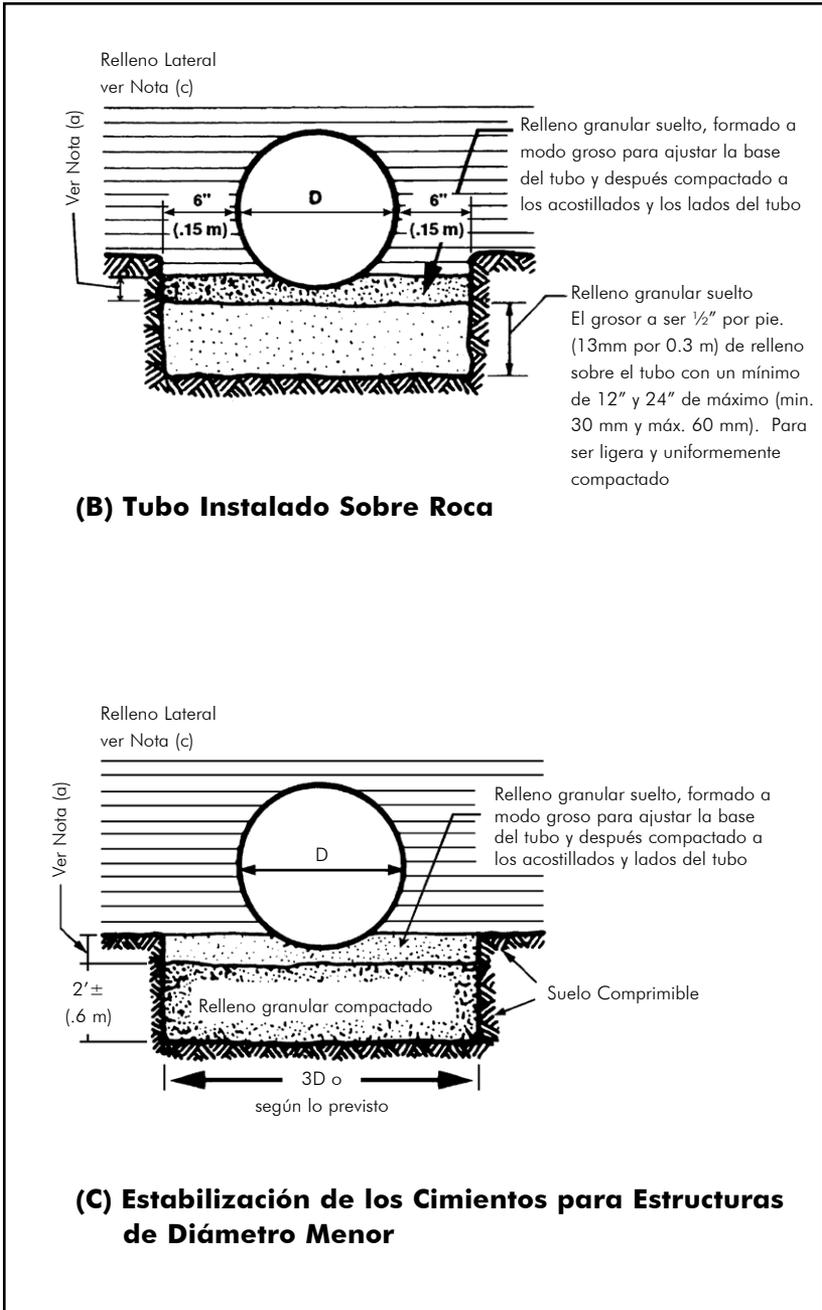


### (A) Instalación del Tubo y Cama de Apoyo

#### NOTAS

- (a) Para tubo de placa estructural, la longitud necesaria del arco de la cama de apoyo no debe exceder al ancho de la base de la placa.
- (b) Cama de apoyo de relleno granular suelto formado a modo grueso para ajustar la base del tubo. El espesor mínimo antes de colocar el tubo debe ser como a continuación:
- 1 pulgada (25mm) para corrugación de 1/2 pulgada (13mm) de profundidad
  - 2 pulgadas (50mm) para corrugación de 1 pulgada (25mm) de profundidad
  - 3 pulgadas (75mm) para corrugación de 2 pulgadas (50mm) de profundidad
- (c) El relleno lateral es compactado en capas compactadas de 6 a 8 pulgadas (0.15 a 0.20 metros) a una densidad especificada para el terraplén adyacente, pero no menor de 90% de Densidad Próctor Estándar (AASHTO T99).
- (d) El ancho de la cama de apoyo puede ser 1 diámetro con excepción en los tubos arco donde es limitado a un máximo de 2/3 del ancho (span).

**Figura 16. Detalles de la Cama de Apoyo y Relleno.**



**Figura 17** Detalles de la Cama de Apoyo y Relleno (continuación).

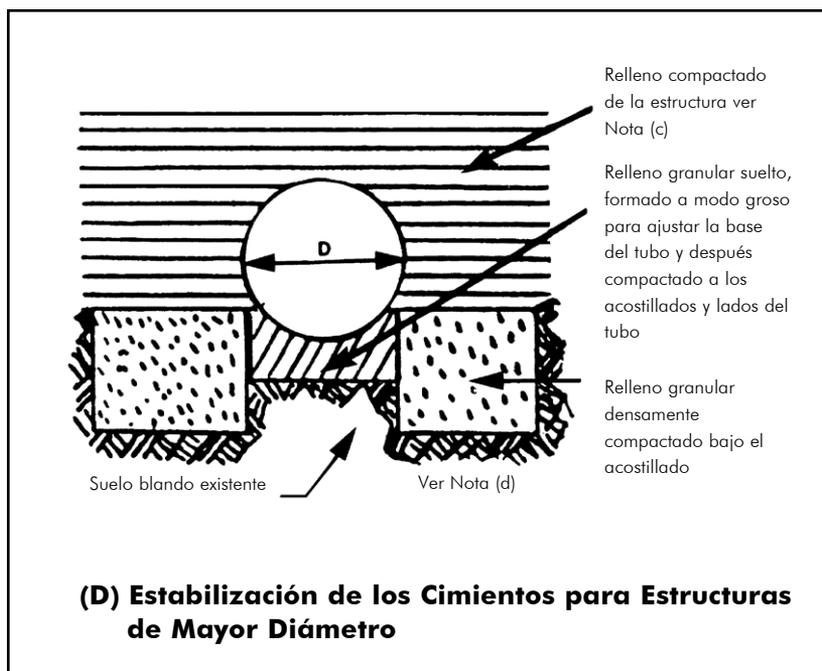


Figura 18. Detalles de la Cama de Apoyo y Relleno (continuación).

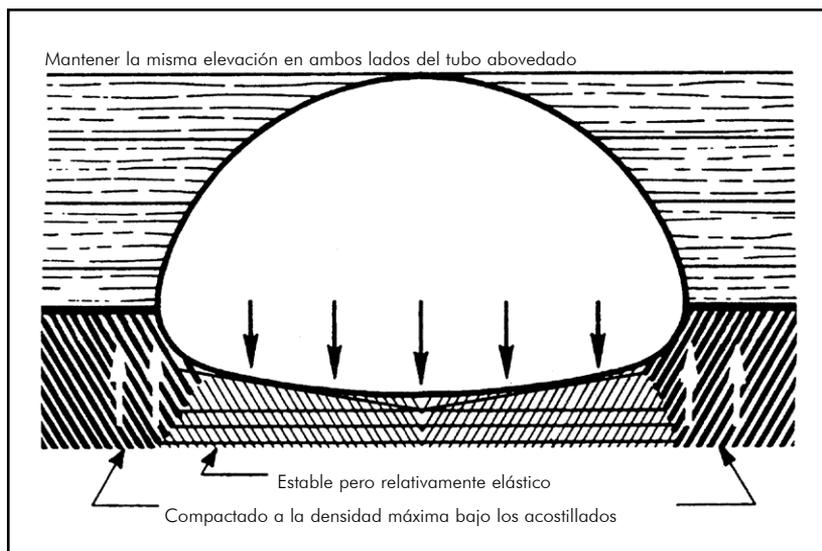


Figura 19. Prácticas de relleno recomendadas para tubo abovedado más grandes, utilizando una cama de apoyo en forma de uve.

## **Tubo Abovedado**

Se debe tener cuidado en la compactación del relleno bajo los acostillados del tubo abovedado. Es esencial un cimiento blando o elástico bajo la base, comparado con las esquinas. Ver la Figura 19 (página 31). Se recomienda una cama de apoyo en forma de uve para tubos abovedados más grandes.

## **Arcos**

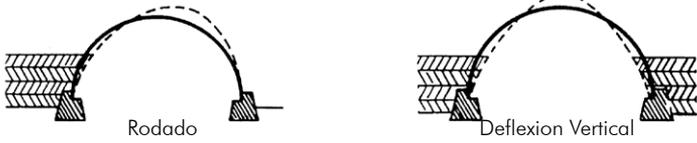
Se debe tener cuidado al rellenar los arcos, especialmente los arcos de media circunferencia, debido a que la secciones tienen una tendencia a desplazarse hacia los lados (rodar) o arriba bajo cargas de relleno. La forma recomendada es el rellenar un arco en capas, cada capa adaptada a la forma del arco. Si un lado se rellena más que el otro, el arco se alejará de la carga mayor. Si ambos lados son rellenados equitativamente y apisonados cuidadosamente, la parte superior del arco puede deflexionar a menos que se haya colocado suficiente relleno sobre éste para resistir el empuje hacia arriba. Estas precauciones se aplican también a las otras estructuras de acero corrugado, pero en un menor grado.

Cuando se rellenen los arcos antes de que se coloquen las cabeceras, el primer material debe ser colocado a la mitad entre los extremos del arco, formando una rampa tan angosta como sea posible hasta que se alcance la parte superior del arco. Las rampas deben ser construidas uniformemente a ambos lados del arco y el material de relleno debe ser compactado en su lugar cuidadosamente. Después de que las dos rampas se hayan construido a la profundidad especificada en la parte superior del arco, debe colocarse el resto del relleno y compactado extendiendo la rampa en ambas direcciones desde el centro hacia los extremos, lo más uniformemente posible en ambos lados del arco.

Si las cabeceras son construidas antes de que el arco sea rellenado, primero debe colocarse el material de relleno adyacente a cada cabecera, colocando y compactando el material uniformemente en ambos lados de la estructura hasta alcanzar la parte superior del arco. Después debe procederse con el relleno hacia el centro extendiendo la rampa; teniendo cuidado en colocar y compactar el material uniformemente en ambos lados del arco. La carga superior ayudará a controlar deflexiones verticales de la sección.

## **Estructuras de Diámetro Grande (Instalaciones de Terraplén)**

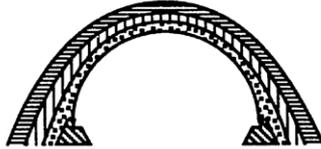
Las estructuras de diámetro grande no deben confundirse con Estructuras de Claro Grandes (ver página 37).



Rellenando únicamente en un lado causa que el área se desplace. Si el relleno no es colocado en la parte superior cuando se continúe con el relleno, el arco puede elevarse, aplanando de este modo los radios laterales

ERRORES COMUNES EN RELLENO DE LOS ARCOS (arriba)

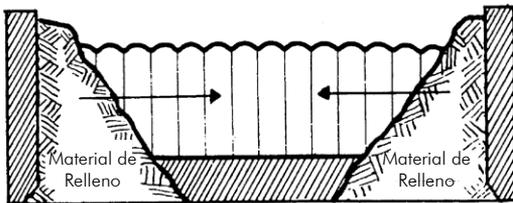
Coloque el relleno: distribuyendo el material alrededor y sobre la estructura en capas uniformes, apisonando cuidadosamente



PRACTICA RECOMENDADA DE RELLENO



VISTA LATERAL - Sin Cabeceras



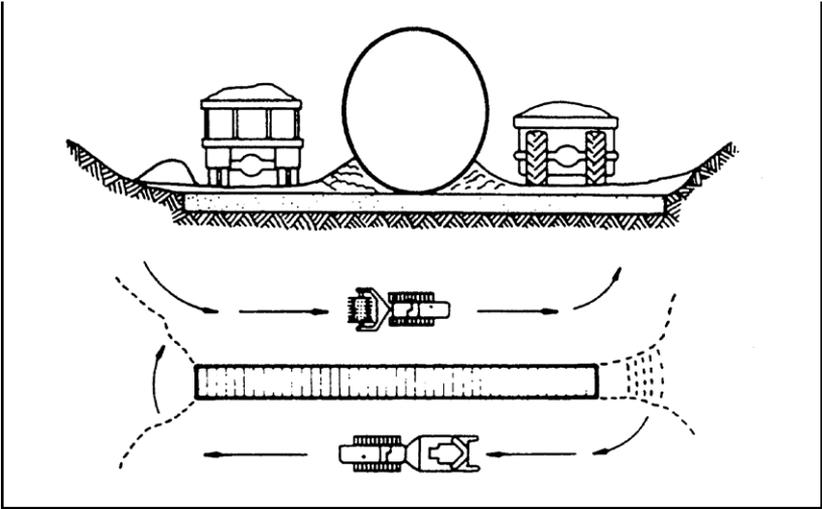
VISTA LATERAL - Con Cabeceras

Figura 20. Prácticas recomendadas de relleno para arcos de placa estructural.

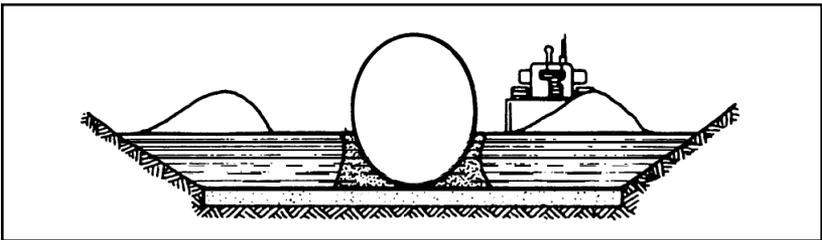
## Colocación Adecuada del Material

Las áreas inmediatas al lado del tubo deben estar compactadas mediante métodos manuales, sin embargo el equipo pesado de compactación puede ser llevado muy cerca (dentro de 2 pies (0.6 m) en la mayoría de las instalaciones de terraplén). Los cambios en la dimensión o la plomada de la estructura advierten cuando las máquinas pesadas deben trabajar más lejos o sustituirlas por equipo más adecuado, más ligero.

Distribuya el material de relleno con equipo en dirección paralela, no en ángulo recto a la estructura.



**Figura 21. Colocación adecuada del material.**



**Figura 22. Procedimientos de compactación manual y con equipo pesado.**

## Colocación Uniforme del Relleno

Compactar el relleno trabajando en forma paralela, pero no inmediatamente adyacente a la estructura.

Coloque el relleno uniformemente en ambos lados. Debe evitarse la deflexión vertical o rodado de la estructura. (Note la discusión del control de la forma, a continuación).

Para instalaciones múltiples, debe permitirse suficiente espacio entre los tubos para operar adecuadamente el equipo de compactación (ver Figura 23, página 36).

Cuando el relleno en ambos lados se aproxime a la corona del tubo, se deben seguir los mismos métodos, distribuyendo en capas delgadas y compactando cuidadosamente hasta que el relleno cubra el tubo. Para las capas iniciales sobre el tubo, es necesario equipo de compactación manual ligero o equipo de compactación de empuje.

Después de rellenar 2 pies (0.6 m) sobre la parte superior o a una profundidad de 1/8 del ancho (luz), lo que sea mayor, y el suelo y la estructura de acero estén "asegurados en su lugar", entonces se puede continuar rellenando a nivel, utilizando los procedimientos aplicables para la construcción del terraplén. Para cargas de construcción ver página 39.

Las operaciones de la cama de apoyo y relleno deben llevarse a cabo en seco en su totalidad, si es posible, pero con suficiente humedad para cumplir los estándares de compactación. Existen casos donde los Tubos de Acero Corrugado grandes son pre-ensamblados y levantados dentro del lecho cauce, donde no es posible el construir un ataguía y desviar la corriente. Estas condiciones hacen que sea muy difícil garantizar una buena preparación de la base y relleno adecuado. En estos casos el diseñador debe tomar en consideración las recomendaciones obtenidas en los procedimientos y resistencia de relleno.

## Control de la Forma

El control de la forma se refiere al control de la simetría de la estructura durante el relleno mediante métodos de control del relleno. Durante el relleno pueden ocurrir dos movimientos: "deflexión vertical," causado por la presión de la compactación del relleno lateral, y distorsión de la pared lateral causado por las fuerzas de compactación en un lado de la estructura con respecto al otro.

Los cambios de la forma son limitados utilizando los procedimientos adecuados de compactación del relleno y equipos, así como el relleno, la calidad del material, la nivelación y el contenido de humedad. Debe ponerse especial atención en mantenerse las dimensiones de la altura de la estructura, la simetría y una curvatura lisa e uniforme.

El método de “plomada” para el control de deflexión es más conveniente y eficaz para estructuras grandes. Suspender la plomada en las posiciones de hombro (horas 2 y 10) para que los puntos estén a una distancia vertical específica del punto marcado en la parte inferior de la estructura al iniciar el relleno.

La deflexión vertical puede ser detectada cuando los puntos de la plomada se muevan verticalmente. La medida correctiva es generalmente el mantener el equipo pesado más lejos de la estructura. Colocando y compactando el relleno en capas delgadas y/o llevando el relleno a un contenido adecuado de humedad reducirá el esfuerzo de compactación necesario y ayudará a controlar el levantamiento.

La acción de rodado puede ser detectada cuando las plomadas se mueven lateralmente. Es corregida relleno o compactando hacia el lado en el cual se ha movido la plomada. Por ejemplo, un rodado hacia la derecha se corregirá con mayor relleno en la derecha.

La observación cuidadosa del control de deflexión con plomada y las medidas correctivas inmediatas previenen la distorsión de la estructura por acciones de deflexión vertical o rodado.

## Instalaciones de Barriles Múltiples

El relleno debe estar equilibrado en todas las estructuras en todo momento. Su colocación puede requerir un azadón, cuchara para piedra, transportadores, u otro equipo para mantener la colocación equilibrada y simétrica así como para asegurar que se mantenga una presión uniforme a ambos lados de todas las estructuras. El diseño debe haber proporcionado un espacio adecuado entre las estructuras para operar el equipo necesario para la adecuada compactación del relleno. Pueden utilizarse rellenos fluidos que no requieren un esfuerzo de compactación con un espaciado mínimo entre los tubos.

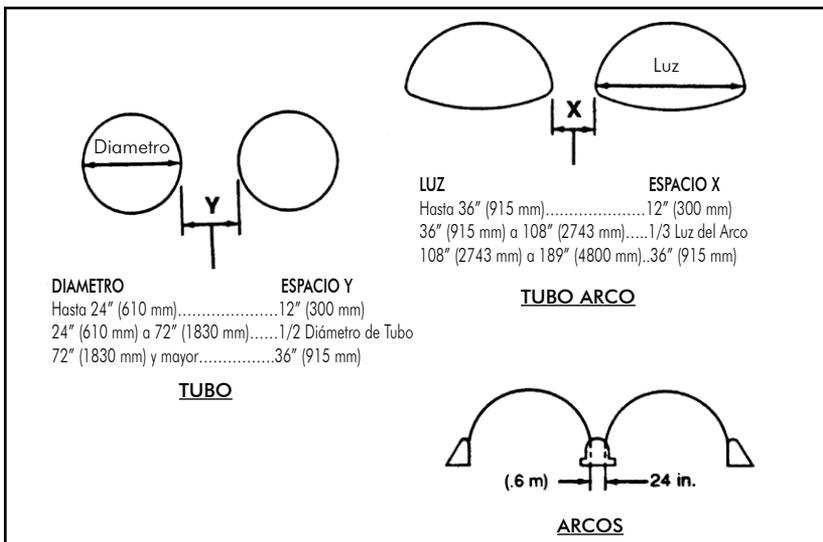


Figura 23. Espacio Mínimo entre los Barriles.

Los espacios mínimos recomendados para el tubo, tubo abovedados, y arcos como se muestra en la Figura 23 (página 36). The spacings are for the use of all standard backfill materials and allow room for compacting the backfill.

El espacio mínimo mostrado también proporciona el espacio adecuado entre el tubo y la pared de la zanja para la colocación adecuada del material de relleno y compactación.

Ya sea que la estructura sea grande o pequeña, tenga en cuenta que se deben considerar los requerimientos del uso del equipo adecuado y económico en la determinación del espacio entre las estructuras. Por ejemplo, con estructuras de placa estructural puede ser aceptable el utilizar equipo móvil para la compactación entre las estructuras. El espacio entre los tubos debe permitir la operación eficiente y la selección del equipo de compactación.

### **Estructuras de Claros Grandes (Long Span)**

Las estructuras "long span" utilizan sólo los mejores materiales granulares, no plásticos. Debido a su tamaño, el fabricante proporcionará un inspector de control de forma para ayudar en la parte crítica del proceso de relleno. El relleno específico y los requerimientos de su colocación serán revisados en una junta de pre-construcción.

### **Relleno Final**

Una vez que la cubierta del material de relleno selecto sea colocada adecuadamente y compactada alrededor y sobre el tubo, el relleno restante, el relleno final, debe ser colocado y compactado para prevenir el asentamiento en la superficie. El material de relleno y nivel de compactación especificado ha sido seleccionado para prevenir el hundimiento de la superficie, proteger el pavimento, etc.

Cuando un ademe grueso, tal como de madera, se ha utilizado para soportar las paredes de la zanja asegúrese de rellenar y compactar los espacios vacíos dejados cuando se retiren o, córtelos por encima de la corona del tubo.

El relleno final es compactado mediante métodos convencionales. Compactación por medio de saturación de agua debe estar limitado a suelos los cuales sean suficientemente permeables para eliminar el exceso de agua y no deben utilizarse en suelos cohesivos. Sin embargo, el relleno final puede ser compactado con menos restricciones en los materiales y el espesor de las capas que el relleno en la cubierta alrededor e inmediatamente por encima del tubo.

## **EQUIPO DE COMPACTACION**

---

### **Compactación Manual**

Para la compactación de áreas pequeñas bajo los acostillados de la estructura, generalmente se necesita un poste de madera, de 2" x 4" (ver nota bajo la Figura 1, página 10). Los pisones manuales para capas horizontales deben pesar no menos de 20 libras (9 kilogramos) y tener una base de apisonamiento no mayor de 6" x 6" (150 x 150 milímetros).

### **Apisonadoras Mecánicas**

La mayoría de los apisonadores neumáticos son aceptables con excepción en las zonas más confinadas. Sin embargo, deben utilizarse con cuidado y completamente sobre toda el área de cada capa para obtener la compactación deseada. Evite el golpear la estructura con las herramientas de apisonadores neumáticos.

### **Compactadores de Rodillo**

Cuando el espacio lo permita, se recomienda el utilizar apisonadoras de pata de cabra (recomendado únicamente para arcillas y limos), con ruedas de goma y otros tipos de rodillo para compactar el relleno. Sin embargo, el relleno adyacente a la estructura debe ser apisonado con equipo manual o equipo mecánico manual.

### **Compactadores de Placa Vibratoria**

Los compactadores vibratorios pueden ser utilizados efectivamente en todo tipo de relleno con excepción de arcillas pesadas y otros suelos plásticos. Los equipos de placa vibratoria son especialmente adecuados para instalaciones de zanja.

### **Compactación Hidráulica**

El uso de métodos de inundación de agua y/o a chorro de agua para la compactación del relleno alrededor del tubo está limitado a compactar suelos limpios y granulares. Para ser eficaz, los cimientos por debajo del tubo deben ser lo suficientemente permeables para llevar el agua hacia abajo y alejarla rápidamente. El relleno alrededor e inmediatamente por encima del tubo debe ser colocado y compactado en capas individuales de espesor compactado de 6 a 8 pulgadas (150 a 200 milímetros).

### **Protección de la Estructura**

A menudo, las cargas de construcción exceden las cargas de diseño finales para la estructura. Adicionalmente, durante las varias fases de ensamblaje, relleno y construcción, la estructura típicamente es más vulnerable a las cargas y fuerzas hidráulicas debido a que no se ha completado el relleno, tratamiento final, etc. La estructura de acero corrugado debe estar protegida adecuadamente.

## Cargas de Construcción

Frecuentemente, es necesario que los equipos pesados de construcción se desplacen sobre las estructuras instaladas de acero corrugado durante la realización de la nivelación, pavimentado u otro trabajo en la obra. El equipo pesado de construcción puede imponer cargas concentradas muy por encima de los que la estructura está diseñada para llevar.

La protección adecuada de la estructura de acero corrugado puede requerir más relleno que en el diseño final. La cantidad adicional de relleno necesario depende de las cargas por eje del equipo así como la frecuencia de su uso.

Las figuras 24 y 25 (a continuación) proporcionan la cobertura mínima para los tamaños típicos de la estructura, las cargas por eje y el uso de construcción. Mientras que proporcionando una cobertura extra es una manera simple de proteger la estructura, se debe mantener de modo que durante el ahuellamineto, nivelación de la superficie, etc. no se reduzca su efecto. Se recomienda un ancho de cruce mínimo de 24 pies (7,3 metros) para equipo típico.

Ancho del Tubo (Luz) (pulg)	Cobertura Mínima (pies) para Cargas de Eje Indicadas (miles de libras)*			
	18-50	50-75	75-110	110-150
12-42	2.0	2.5	3.0	3.0
48-72	3.0	3.0	3.5	4.0
78-120	3.0	3.5	4.0	4.0
126-144	3.5	4.0	4.5	4.5

\* La cobertura mínima puede variar, dependiendo de las condiciones locales. El contratista debe proporcionar la cobertura adicional requerida para evitar daños al tubo. La cobertura mínima se mide desde la parte superior de la superficie de construcción de la carretera mantenida.

\* En situaciones sin pavimentar, la superficie debe ser mantenida, nivelada y libre de ahuellamiento.

**Figura 24. Cobertura Mínima.**

Ancho del Tubo (Luz) (pulg)	Cobertura Mínima (metros) para Cargas de Eje Indicadas (toneladas métricas)*			
	8-23	23-34	34-50	50-68
305-1067	.6	.8	.9	.9
1219-1829	.9	.9	1.0	1.2
1981-3048	.9	1.0	1.2	1.2
3200-3658	1.0	1.2	1.4	1.4

\* La cobertura mínima puede variar, dependiendo de las condiciones locales. El contratista debe proporcionar la cubierta adicional requerida para evitar daños al tubo. La cobertura mínima se mide desde la parte superior de la superficie de construcción de la carretera mantenida.

\* En situaciones sin pavimentar, la superficie debe ser mantenida, nivelada y libre de ahuellamientos.

**Figura 25. Equivalente en métrico de la Figura 24.**



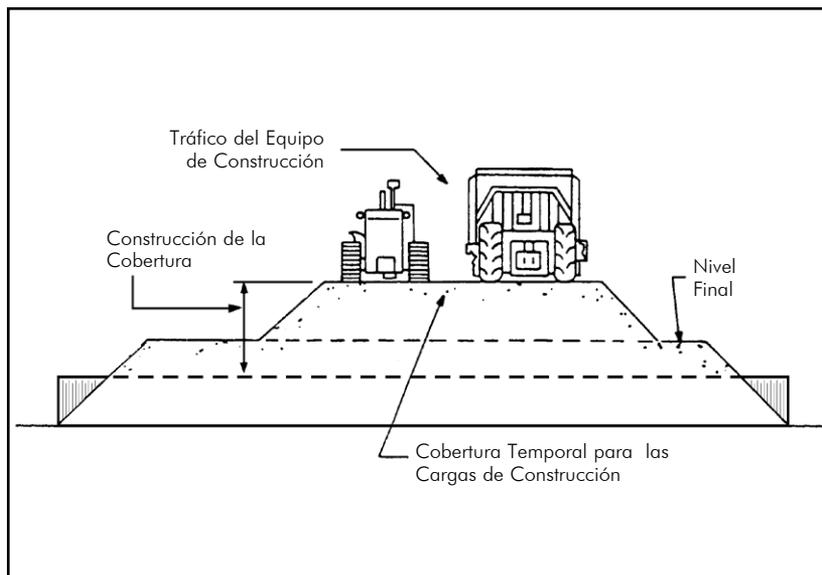
**Figura 26. El relleno lateral compactado debe ser completado en ambos lados de la estructura antes de que el relleno sea “llevado” hacia la construcción del tráfico.**

Las cargas muertas temporales como resultado de pilas almacenadas, colocación mediante grúa, etc. deben ser evaluadas en cuanto a la capacidad de la estructura, equilibrio de carga, soporte de relleno, la suficiente resistencia de los cimientos y otros factores que puedan ser aplicables a las condiciones.

## **Protección Hidráulica**

ante la instalación, y antes de finalizar el relleno y la construcción del tratamiento de los extremos permanente, la protección de los taludes, los controles de flujo, etc., la estructura es vulnerable a daños causados por tormentas y condiciones de flujo. Las fuerzas hidráulicas de flujo en los extremos desprotegidos, cargas de relleno desequilibradas, pérdidas de relleno y soporte debido a erosión y fuerzas de flotación son ejemplos de los factores a ser considerados. Mientras que en algunas de las secciones anteriores se ofrecen guías, puede ser necesario el construir una protección temporal.

Las fuerzas hidráulicas pueden hacer flotar las estructuras sin la adecuada protección o pandear la parte inferior de la estructura (de radio grande son especialmente vulnerables a pandearse) si se saturan los cimientos, la cama de apoyo o el relleno. Se recomienda la canalización adecuada de flujo a través de las estructuras activas y la colocación del tratamiento de los extremos y protección de los taludes tan pronto como sea posible. Las estructuras instaladas entre ataguías o en zanjas sujetas a inundaciones deben ser protegidas de los efectos de agua estancada.



**Figura 27. Cobertura mínima para las cargas de construcción.**



**Figura 28. La compactación adecuada, uniforme es crítica en la construcción de suelos en las estructuras de acero.**

## RESUMEN

La instalación adecuada de cualquier estructura de drenaje resultará en un servicio más largo y eficiente. Este manual de instalación tiene por objeto llamar la atención tanto para buenas prácticas y prevenir contra posibles dificultades. Los principios aplican a la mayoría de las condiciones. No es una especificación sino una ayuda a su propia experiencia.

Los siguientes puntos deben ser evaluados para garantizar una instalación correcta:

1. Revisar la alineación en relación a los planos, así como a las condiciones actuales del sitio de obra.
2. Asegurarse de que estén correctas la longitud(es) del tubo, los diámetros, los accesorios y aditamentos necesarios, etc.
3. Excavar al ancho correcto, alineación y nivel.
4. Proporcionar un cimiento uniforme, estable – corrija las condiciones del sitio de obra como sea necesario.
5. Descargar, manejar y almacenar el tubo correctamente y cuidadosamente.
6. Ensamblar el tubo correctamente – revisar el alineación, seguir los procedimientos especiales para la conexión de las abrazaderas, empaques, y otro equipo utilizado. (Para estructuras de placa estructural, mantener la adecuada alineación del empalme de las placas, apriete de los pernos, y dimensiones de ensamblaje).
7. Utilizar un material adecuado de relleno (granular) como se requiere en los planos y especificaciones.
8. Mantener el ancho adecuado de relleno.
9. Acostillar el tubo adecuadamente.
10. Colocar y compactar el relleno en capas compactadas de 6 a 8 pulgadas (150 a 200 milímetros) de espesor.
11. Mantener la colocación y carga equilibrada del relleno durante todas las etapas de instalación, manteniendo a u mínimo la altura diferencial de lado a lado del relleno.
12. Instalar rápidamente el tratamiento de los extremos necesario para proteger el tubo contra erosión y flotación.
13. Proteger la estructura del equipo de construcción de cargas pesadas, otras cargas pesadas y fuerzas hidráulicas.

## **SUBDRENAJE**

---

### **Tubo de Subdren**

Los subdrenes son utilizados para eliminar el agua indeseable del subsuelo. Deben estar instalados adecuadamente para proporcionar un servicio satisfactorio. Una opción práctica y económica para dichos subdrenes es el uso de tubo de subdren de acero perforado.

### **Línea de Flujo**

La línea de flujo debe ser colocada bajo las capas de los mantos freáticos para un drenaje más efectivo. Sin embargo, si el nivel es muy profundo para permitir drenarlo a una salida (outlet) natural, el tubo puede ser colocado dentro del material del manto freático si esto permitiera un drenaje natural o puede utilizarse una bomba de sumidero. Esto no proporciona un drenado completo pero bajará el nivel de manto freático a un nivel aceptable. Las salidas deben estar libres y no estar sujetas a inundaciones u obstruidas por congelación o desechos y protegidas contra daños causados por el equipo de mantenimiento.

Donde sea posible, es recomendable el utilizar una pendiente mínima de 0.2 por ciento para todas las líneas de subdrenaje.

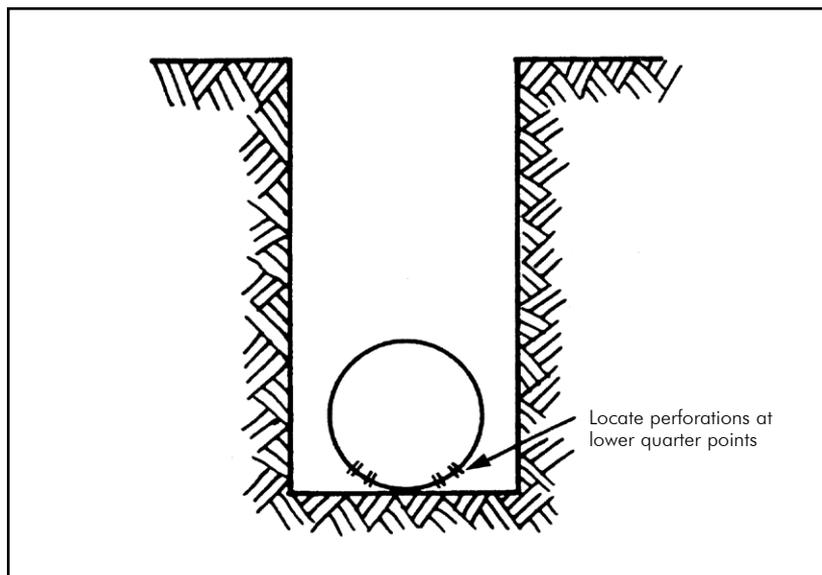
### **Preparando los Cimientos**

El tubo de subdren debe estar colocado en un cimiento estable. Los cimientos serán generalmente estables si la parte inferior de la zanja puede ser colocada por debajo del nivel de los mantos freáticos y el tubo es colocado en una capa impermeable. Pero si el tubo debe ser colocado en el nivel de mantos freáticos, puede ser necesario el estabilizar la parte inferior de la zanja colocando material granular bajo el tubo. Sin embargo, los subdrenes de acero corrugado mantendrán su alineación en cimientos blandos mucho mejor que los tubos rígidos o de plástico. El tubo de acero es proporcionado en longitudes mayores y por lo tanto disminuye los peligros de desarticulación, asentamiento y pérdida de la alineación.

### **Ensamblaje de Tubo de Subdren**

El ensamblaje o instalación de un sistema de subdrenaje es generalmente iniciado en el extremo aguas abajo o de salida (descarga) para permitir que el agua subterránea drene fuera de la zanja, manteniéndola razonablemente seca durante la construcción.

Si no se especifica, las perforaciones del tubo deben estar colocadas en los puntos del cuarto inferior, como se muestra en la Figura 29 (página 44). Colocando las perforaciones en esta posición baja el nivel de manto freático eficientemente reduciendo de esta manera la tendencia de filtrar material o de que limo entre en el tubo.



**Figura 29. Colocación correcta de los subdrenes de acero perforado.**

Las abrazaderas de conexión para el tubo helicoidal corrugado perforado (usualmente proporcionado para drenajes de diámetro pequeño) pueden estar en dos piezas con corrugaciones que coincidan para ajustarse a este tubo helicoidal de acero corrugado o abrazaderas de manga.

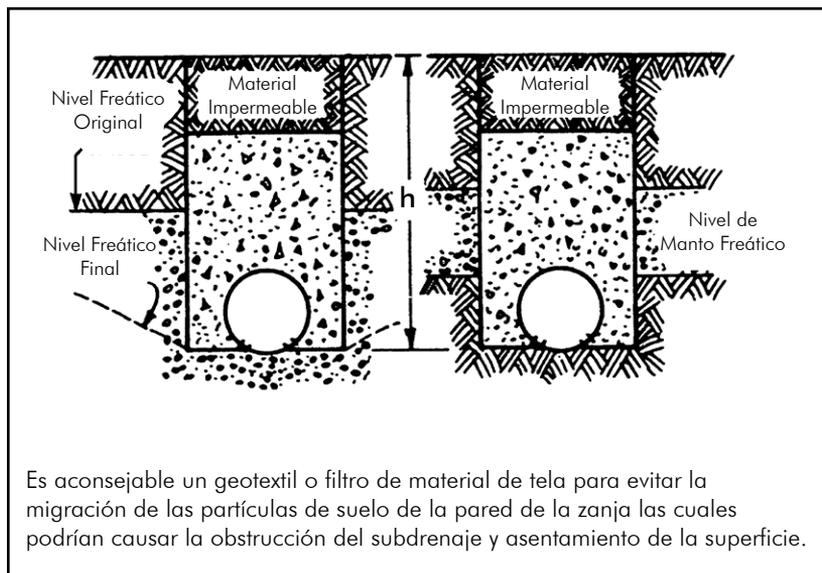
### **Colocación Adecuada del Tubo de Subdren**

El material de subdrenaje debe permitir un flujo rápido de agua mientras que actúa como un filtro para evitar que los suelos finos entren y obstruyan el sistema de subdrenaje. La nivelación adecuada ayudará a prevenir que el relleno sea llevado dentro del tubo.

Un relleno lavado, de piedra angular forma un relleno satisfactorio para subdrenes de acero perforado. Así mismo, el material que no tiene más de 10% de su peso en partículas mayores de 3/8-pulgada (9.5 milímetros) también formará un relleno satisfactorio.

Este material de relleno debe ser colocado para un ancho de por lo menos 6 pulgadas (150 milímetros) a cada lado del tubo y con una profundidad sobre el tubo necesaria para interceptar todo el nivel de manto freático. Por encima de esta zona la zanja puede ser cubierta con otros tipos normales de material de relleno.

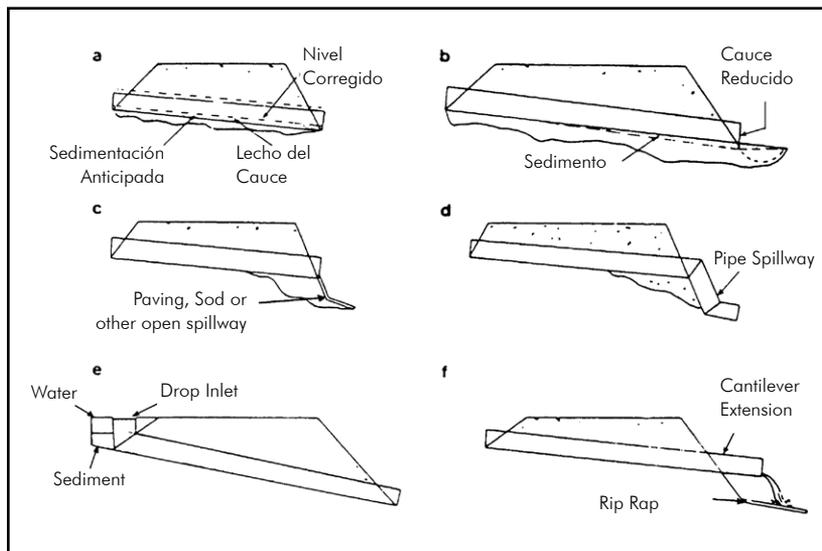
Para controlar asentamientos, el relleno del subdrenaje debe ser colocado en capas y bien compactado. Puede ser utilizado un geotextil para evitar la infiltración de finos, particularmente en la unión.



**Figura 30. Tubo de subdren de acero corrugado.**

## APENDICE

### Nivelación de la Alcantarilla y Tratamiento de la Salida (Descarga)



**Figura 31. Métodos para obtener el nivel correcto de la alcantarilla.**

### Longitud de la Alcantarilla

La longitud de la alcantarilla depende del ancho de la carretera de lado a lado, la altura del relleno por encima de la línea de flujo, el talud del terraplén y las limitaciones de derecho de vía, así como la alineación y el nivel.

Cuando las alcantarillas deben ser instaladas en ángulo recto a la carretera, su longitud se puede calcular por el método presentado en las Figuras 32 y 33 (página 47). Tenga en cuenta que cuando las alcantarillas están en pendientes pronunciadas, sus centros están desplazados con respecto a la línea central de la carretera.

En el cálculo de la longitud de alcantarillas esviadas (aquellos con un ángulo diferente de 90 grados a la línea central de la carretera), la longitud debe aumentarse de acuerdo con el ángulo de inclinación (ver la página 48).

Las longitudes del tubo de acero corrugado y tubo de placa estructural son proporcionados normalmente en incrementos uniformes de 2 pies (0.6 m).

Con el fin de obtener el corte esviado correcto en un tubo, utilice la Figura 35 (página 49) to determine the proper skew number for pipe fabrication.

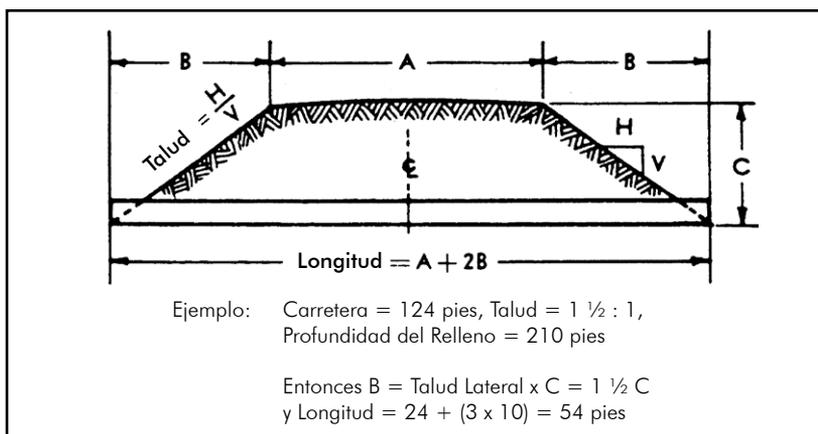


Figura 32. Cálculo de la longitud de la alcantarilla - línea de flujo en nivel plano.

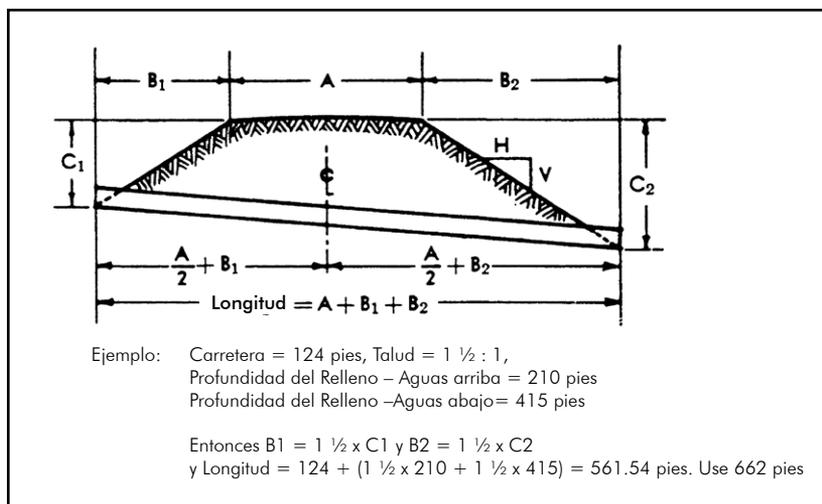
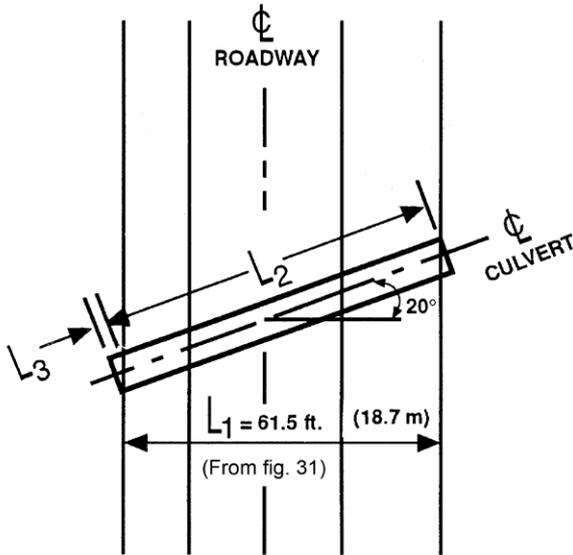


Figura 33. Cálculo de la longitud de la alcantarilla - línea de flujo en pendiente pronunciada.

**Nota:** Los números superiores de 1 a 6 pulgadas Figuras 32 y 33 se deben ignorar en los ejemplos. Son para convertir los ejemplos a valores métricos como a continuación.

- 1 es 7.3 m
- 2 es 3.0 m
- 3 es 16.3 m
- 4 es 4.6 m
- 5 es 18.7 m
- 6 es 19.0 m



### PLAN VIEW

Utilizar el ejemplo de la Figura 32, pero el tubo está esviado  $20^\circ$  hacia la carretera (es decir, el tubo cruza a  $20^\circ$  fuera de la perpendicular). El tubo es de 4 pies (1220 mm) de diámetro.

L1	=	Longitud actual de la alcantarilla	
	=	61.5 ft. (18.7m) (de la Figura 32)	sin esviaje
L2	=	$\frac{L1}{\cos(\text{ángulo de sesgo})} = \frac{61.5}{\cos 20^\circ}$	= 65.4 Pies (19.9m)
L3	=	Ancho del tubo x tan (ángulo de sesgo)	
	=	$4 \times \tan 20^\circ = 4 \times 0.364$	= 1.46 Pies (.45m)
Longitud	=	$L2 + L3 = 65.4 + 1.46$	= 66.86 Pies (20.3m)
			usar 68 Pies (20.5m)

**Figura 34. Cálculo de la longitud de la alcantarilla inclinada hacia el terraplén de la carretera.**

### Número de Esviaje

Con el fin de obtener el corte de esviaje correcto en un tubo, utilizar la Figura 35 (a continuación) para determinar el número adecuado para el tubo fabricado.

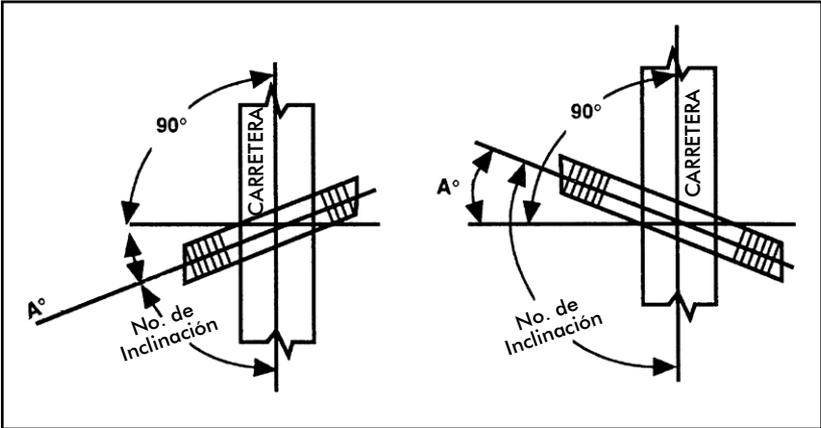


Figura 35.







ASOCIACION NACIONAL DE TUBO DE ACERO CORRUGADO  
(National Corrugated Steel Pipe Association)

14070 Proton Road, Suite 100 LB 9  
Dallas, TX 75244

Teléfono: 972.850.1907 • Fax: 972.490.4219  
E-mail: [info@ncspa.org](mailto:info@ncspa.org) • Web: [www.ncspa.org](http://www.ncspa.org)