

**Capítulo No. 3**  
***Tuberías de PVC y Polietileno PAD***

### 3.1 El PVC.

El descubrimiento del PVC se remonta a finales del siglo diecinueve al descubrirse que un nuevo compuesto orgánico llamado cloruro de vinilo reaccionaba fuertemente a la luz solar formando una acumulación de material sólido blanco en la parte baja de los tubos de prueba, esta reacción es la polimerización simple del PVC. El nuevo plástico fue olvidado debido a que en esa época no se le encontraron aplicaciones. Para los años veintes se retomaron las investigaciones acerca del PVC principalmente en Alemania, produciendo perfiles de PVC rígido. Para los años treintas los científicos e ingenieros alemanes desarrollaron y produjeron cantidades limitadas de tubo de PVC.

Se puede decir que la industria de la tubería del PVC es producto de la segunda guerra mundial, ya que los sistemas de agua y alcantarillado fueron destruidos en su mayoría por los bombardeos en Alemania, debido a esto los científicos e ingenieros alemanes desarrollaron la industria de la tubería de PVC.

#### *Que significa PVC:*

Su nombre: Poli Cloruro de Vinilo (PVC). Es un material plástico, sólido, que se presenta, en su forma original, como un polvo de color blanco

Se fabrica mediante la polimerización del cloruro de vinilo monómero (VCM), que, a su vez, es obtenido de la sal y del petróleo. Fue patentado como fibra sintética hace ya más de 80 años y en 1931 empezó su comercialización. El consumo mundial, en la actualidad, se sitúa en torno a los 23 millones de toneladas anuales, lo que le convierte en uno de los dos plásticos con mayor demanda en el mundo.

El 43% del peso de la molécula del PVC procede del petróleo y el 57% de la sal, fuente inagotable. Se puede afirmar, pues, que el PVC es el plástico con menor dependencia del petróleo, del que hay disponibilidades limitadas.

Por otro lado, cabe destacar que sólo un 4% del consumo total del petróleo se utiliza para fabricar materiales plásticos, y de ellos, únicamente una octava parte corresponde al PVC.

#### *Cómo se fabrica:*

Las materias primas para la producción de PVC son, el petróleo y la sal común.

El refinado del petróleo da lugar a una fracción, las naftas, que, por medio de un proceso denominado Cracking, producen, entre otras sustancias gaseosas, el etileno, una de las bases para la fabricación de PVC. Paralelamente el cloruro sódico se descompone por electrólisis, obteniéndose cloro y además hidróxido sódico e hidrógeno.

La reacción del etileno y cloro da lugar al monómero cloruro de vinilo (VCM), obteniéndose previamente el producto intermedio dicloroetano (EDC). Mediante la polimerización del monómero VCM en reactores, en unas condiciones adecuadas de presión y temperatura, se obtiene el polímero "Poli Cloruro de Vinilo" (PVC). En este proceso de polimerización las moléculas de monómero se agrupan en largas cadenas denominadas polímeros.

**Cómo es:**

Es ligero, químicamente inerte y completamente inocuo.

Resiste al fuego y a la intemperie, es impermeable y aislante (térmico, eléctrico, acústico), de elevada transparencia, protege los alimentos, es económico (relación calidad / precio), fácil de transformar (por extrusión, inyección, calandrado, termo conformado, prensado, recubrimiento y moldeo de pastas), y totalmente reciclable.

Sus aplicaciones más importantes se destinan a los siguientes sectores:

Construcción	51%
Envases:	
PVC alimentos	11%
PVC otros	6%
Agricultura	10%
Bienes de consumo	8%
Cables	7%
Usos médicos	4%
Automoción	3%

Se utiliza mayoritariamente en aplicaciones de larga duración.

Larga duración: 64% Su vida útil oscila entre 15 y 100 años

Tubos

Ventanas

Puertas

Muebles

Etc.

Media duración: 24% Su vida útil oscila entre 2 y 15 años.

Electrodomésticos

Automóvil

Tapicería

Mangueras

Juguetes

Etc.

Corta duración: 12% Su vida útil oscila entre 0 y 2 años

Botellas

Tarrinas

Filmes para embalaje

Blisters

Etc.

El PVC es uno de los plásticos más utilizados en el mundo. Su versatilidad le permite ser utilizado por sectores diversos en aplicaciones dispares.

Estos son: Construcción<sup>9</sup>

Medicina

Automóvil

Electricidad y electrónica

Agricultura

Envase y embalaje

Juguetes

Mobiliario

Artículos de papelería

En la actualidad, ante el aumento dramático de la población en nuestro país y en general en el mundo entero, los diferentes servicios y productos que se dispone tienen que ser mejor administrados. La optimización de los recursos ha alcanzado todos los niveles de la vida humana.

---

<sup>9</sup> Fuente: Criterios de diseño para redes de agua potable empleando tubería de PVC, Duralón, Productos Nacobre

### 3.1 1. Tuberías de PVC.

En el caso del agua, dicha optimización adquiere gran importancia, ya que la disponibilidad del líquido disminuye cada vez más y por lo tanto su obtención se dificulta y encarece de manera importante.

Un uso eficiente del agua implica la utilización de mejores sistemas de extracción, conducción y almacenamiento de agua; además del cambio de forma de pensar del usuario del recurso.

Dentro de los sistemas de conducción, en el mercado existen tuberías fabricadas con gran diversidad de materiales, que dependiendo de las condiciones de operación se comportan de manera satisfactoria o no. La tubería de Poli Cloruro de Vinilo (PVC) ofrece, entre otras características, las siguientes ventajas:

- ❖ **Ligereza.**- El peso de un tubo de PVC es aproximadamente la 5ª parte de un tubo de asbesto cemento o de uno de acero, de iguales dimensiones.
- ❖ **Hermeticidad.**- Los diferentes tipos de unión que se usan en la tubería hidráulica garantizan una completa hermeticidad del sistema.
- ❖ **Atoxicidad.**- El PVC no aporta ningún elemento al agua.
- ❖ **Facilidad de instalación.**- Por su ligereza y facilidad de unión no se requiere maquinaria sofisticada para su instalación, además se tiene un avance de obra mayor por los tramos de 6 metros en que se fabrica el tubo.
- ❖ **Menor rugosidad.**- Para las mismas condiciones de diámetro, longitud y caudal, el PVC tiene menores pérdidas de carga ya que su coeficiente de Manning es de 0.09, de Hazen Williams de 150 y su rugosidad absoluta de 0.0015mm.
- ❖ **Flexibilidad de la tubería.**- La tubería de PVC presenta flexibilidad tanto longitudinalmente como de forma vertical transversalmente.

## 3.2 Sistema de tubería de polietileno

En el ámbito actual de la ingeniería, el manejo de las aguas pluviales es una cuestión que siempre estará presente; primero las normas ambientales permiten solamente un cierto nivel de contaminantes presentes en las descargas pluviales. Segundo, la continua urbanización de la tierra incrementa dramáticamente el escurrimiento superficial. Este incremento en el escurrimiento puede causar problemas en áreas donde se requiere que los mantos acuíferos se estén recargando continuamente para mantener un suministro estable de agua. Este es un problema importante sobre todo en las regiones costeras donde los descensos de los niveles de los mantos freáticos pueden ocasionar la entrada de agua salada a los acuíferos.

En este caso, los sistemas de retención de agua pluvial, los cuales retienen el agua en una determinada área hasta que el suelo pueda absorberla, son necesarios.

Otra limitante en el diseño de los sistemas de recolección de agua pluvial es el flujo permitido de descarga. La mayoría de las tierras no desarrolladas drenan a través de escurrimientos superficiales hacia afluentes tributarios locales o lagunas de colección y pueden por si mismo retener o transportar solamente cierto flujo de descarga de los sistemas localizados aguas arriba. Los niveles de escurrimiento durante una tormenta que exceda los máximos permitidos deben ser retenidos y liberados a través de una tubería de descarga a un flujo controlado hasta que la tormenta termine. Estos sistemas de detención de agua pluvial son comunes en la práctica del manejo de las aguas pluviales.<sup>10</sup>

Los sistemas de retención y detención de agua pluvial están presentes en la industria ya sea como estanques o como tubería subterránea. El primero es el método más caro, aunque significa un uso menos eficiente del terreno, tiende a la sedimentación y obstrucción, y acarrea problemas estéticos a largo plazo como la

---

<sup>10</sup> Fuente: *Manual de ingeniería de producto, ADS, Mexicana*

cría de insectos, crecimiento de algas, y problemas de control de olores y de rechazo a este tipo de proyectos. En comparación, los sistemas subterráneos de retención y detención utilizan eficientemente el terreno al mismo tiempo que significan bajos costos de mantenimiento y no presentan ningún problema estético.

### 3.2.1 Tubería de Polietileno de Alta Densidad

Al considerar el diseño de tuberías, generalmente los tubos se dividen en dos categorías, rígidos y flexibles. Los tubos rígidos se definen como aquellos que no aceptan deflexión sin que se presente una falla estructural. Los tubos flexibles son definidos como aquellos que se deflexionan por lo menos un 2% sin que se presente una falla estructural. Tubos de concreto, barro y de hierro son un ejemplo de tubos rígidos. Tubos de acero, aluminio y de plásticos son considerados flexibles. Dentro de los tubos flexibles, los de metal y PVC se consideran elásticos, mientras que los tubos de polietileno se consideran visco elásticos o visco plásticos.<sup>11</sup>

Los diferentes tipos de tubería pueden tener diferentes límites de desempeño de acuerdo al tipo, material y diseño de pared. La resistencia a los esfuerzos en la pared debidos a cargas externas es crítico para la tubería rígida, mientras que para la tubería flexible, la rigidez es importante para resistir la deflexión y el posible pandeo.

### 3.3 Propuesta de mejora para la infraestructura

Por lo que utilizaremos para el colector de agua pluvial y sanitario tubería de polietileno de alta densidad

---

<sup>11</sup> Fuente: Manual de ingeniería de producto, ADS, Mexicana



Para la solución de las inundaciones en el Campus de la UDLA, se propone que sea un método combinado con algunas variantes, es decir, se captarán los escurrimientos superficiales principalmente donde actualmente no existe ningún colector pluvial, tal es el caso de toda la franja norte y sur del Campus. El método consiste en iniciar con tubería de polietileno de alta densidad y en determinadas zonas se construirán cisternas de almacenamiento subterráneas que permitan el paso del flujo excedente y que en temporadas de estiaje se pueda utilizar rebombeando el líquido para riego, este tipo de instalaciones no afectará estéticamente el lugar cumpliendo una parte importante del plan estratégico de la universidad.

Figura No. 10 tubería de polietileno ADS<sup>12</sup>



El sistema de tuberías de polietileno de alta densidad es liviano, flexible, resistente a los agentes químicos y a la abrasión, lo que permite sus usos en diferentes tipos de aplicaciones. La tubería de polietileno de alta densidad, también está protegida contra la degradación causada por los rayos ultravioleta y el calor, por lo que tiene una larga duración en instalaciones al aire libre. La tubería de polietileno de alta

<sup>12</sup> Fuente: fotografía cortesía de la obra Distribuidor Juárez -Serdán

densidad, cumple con los requerimientos de la Fundación de Sanidad Norteamericana para el agua potable.

### 3.3.1 Especificaciones

La tubería de polietileno de alta densidad, es un sistema de tuberías de polietileno de alta densidad y alto peso molecular PE 3408. Se le puede especificar según ASTM D-3350 y clasificación celular PE 345444 C. Las dimensiones y fabricación son especificadas según ASTM F-714<sup>13</sup>.

#### Resistencia química

La tubería de polietileno de alta densidad, tiene una resistencia química sobresaliente. La mayoría de los agentes químicos, ácidos, sales y suelos son calientes, no atacan a la tubería de polietileno de alta densidad, ni le causan degradación. No se oxida, pudre o corroe. No permite desarrollo de bacterias o algas.

#### Factores de flujo

La tubería de polietileno de alta densidad, tiene una superficie interior sumamente lisa. Mantiene excelentes propiedades de flujo durante toda su vida de servicio debido a su sobresaliente resistencia a la abrasión y agentes químicos. Gracias a sus paredes lisas y con características no mojantes, se cuenta con una capacidad de caudal mayor y menor pérdida por fricción, lo que se traduce en ahorros en el costo de operación. En la ecuación de Hazen - Williams se emplea un factor "C" de 150 para caudal de fluido presurizado y con la fórmula de Manning se emplea un factor "n" de 0.009 para el fluido por gravedad.

#### Entierro directo de la tubería

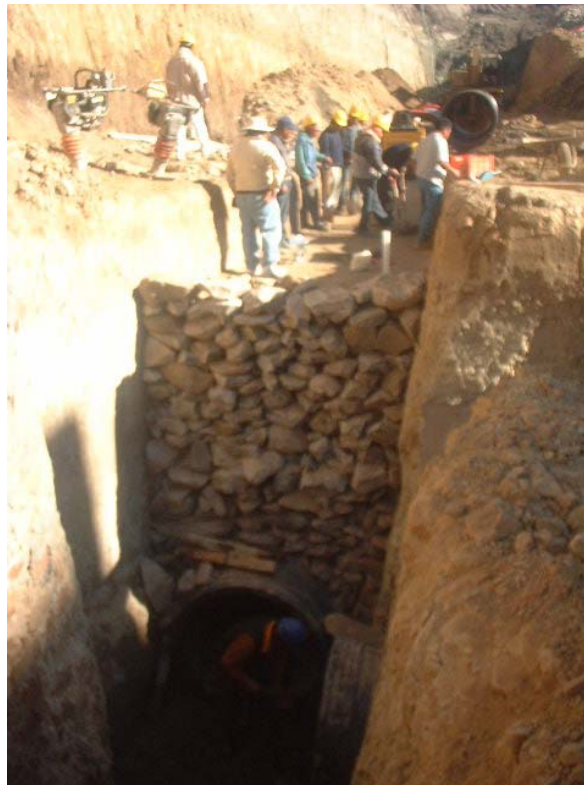
La tubería de polietileno de alta densidad, se entierra utilizando prácticas de diseño de sistema de tubería flexible y suelo.

---

<sup>13</sup> Fuente: Manual de ingeniería de producto, ADS, Mexicana

Realmente, la tubería se vuelve más resistente con la tierra que la rodea, lo que le permite soportar cargas adicionales. Mediante la selección apropiada de tubería y relleno, La tubería de polietileno de alta densidad, se puede enterrar a profundidades superiores a 30 M. A profundidades normales de entierro, un 85% de densidad Proctor Estándar (AASHTO-99) puede limitar la deflexión anular de La tubería de polietileno de alta densidad a 2% del diámetro original.

*Figura No. 11 tramo de tubería colocada, con su acostillamiento y relleno compacto en cepa*<sup>14</sup>



Puesto que La tubería de polietileno de alta densidad, se puede fundir a tope sobre el suelo en tramos largos, es posible usar cepas angostas que significan ahorro en los costos de instalación.

---

<sup>14</sup> Fuente: fotografía cortesía de la obra Distribuidor Juárez-Serdán

Figura No. 12 Tipos de unión de la tubería PAD

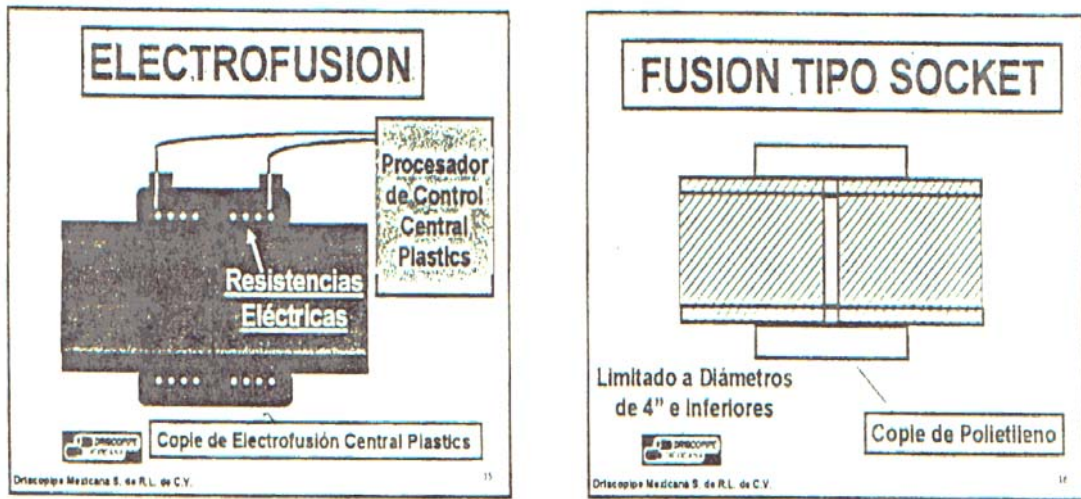
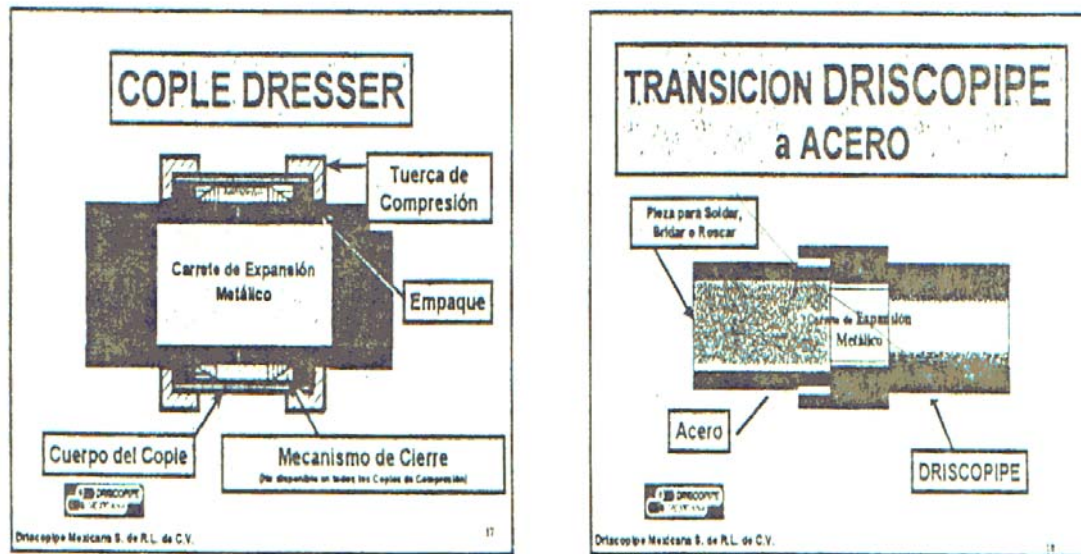


Figura No. 13 Tipos de unión de la tubería PAD



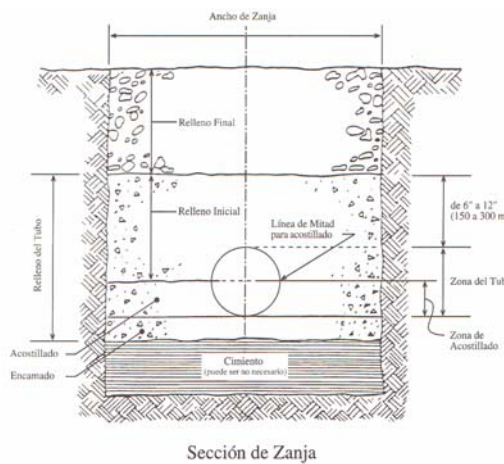
Fuente: Manual de Ingeniería del producto Driscopipe

Debido a la facilidad de manejo de La tubería de polietileno de alta densidad, se coloca rápidamente en la cepa con el mínimo de espacio abierto. La cepa y el fondo de la misma, los materiales de empotramiento, y las prácticas de lecho e instalación están especificadas en ASTM D 2321.

La tubería de polietileno de alta densidad, se puede doblar en frío a un radio mínimo de 20-40 veces el diámetro del tubo a medida que se va instalando, lo que elimina la necesidad de usar codos en ángulos poco pronunciados.

El radio mínimo de flexión que se puede aplicar a la tubería sin retorcerla varía con la relación entre el diámetro y el espesor de la pared del tubo. Si no se dispone de espacio adecuado, se puede colocar un codo del ángulo deseado en el sistema de tubería para obtener el cambio de dirección necesario.

Figura No. 14 corte de cepa, rellenos y tubo de polietileno ADS



Fuente: Manual de Ingeniería de Producto ADS

Otra forma de renovar la red principal de agua potable en la UDLAP es a través de la sustitución de la tubería vieja por la de polietileno sin hacer excavaciones, con un proceso conocido como “Cracking” el cual funciona de la siguiente manera:

Procedimiento constructivo para renovación de líneas deterioradas mediante la inserción de instalación de tubería de polietileno de alta densidad.

Ventajas:

- ❖ No se requiere abrir cepas nuevas para colocar la nueva línea
- ❖ No se interrumpe el tránsito
- ❖ Menor costo

Figura No. 15 Colocación de tubería de polietileno dentro de una tubería existente

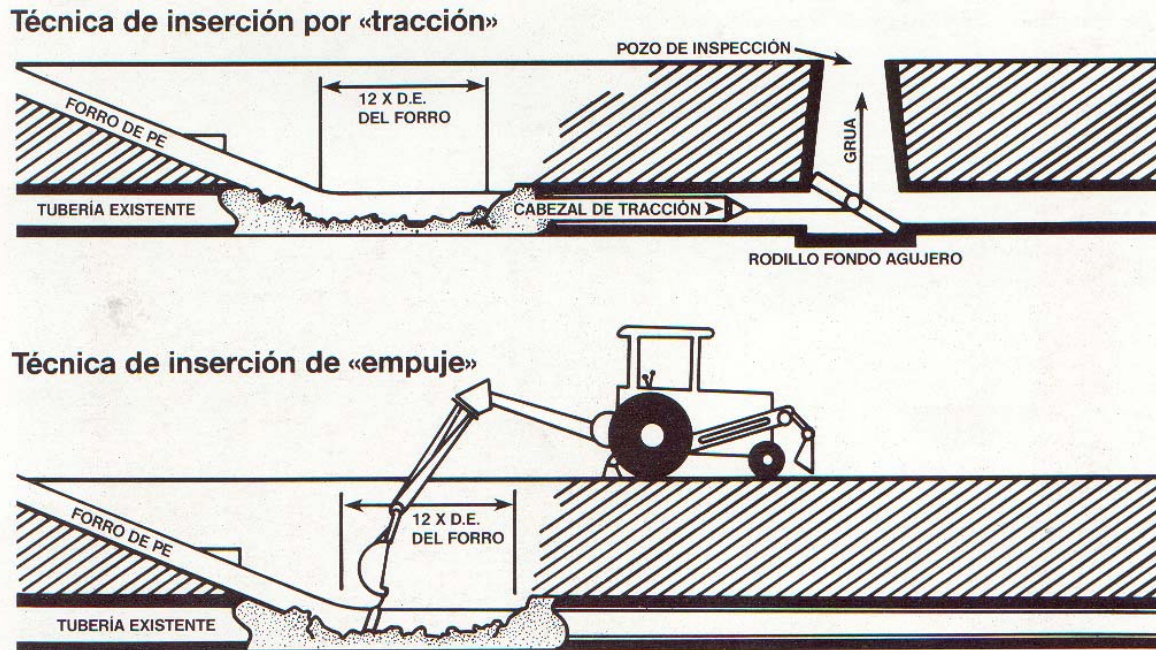


Figura No. 16 Instalación de tubería de polietileno PAD para incrementar el diámetro

**APLICACIONES DRISCOPIPE**  
Tecnologías de Rehabilitación sin Zanfeo

*Pipe Bursting* - Instalación de un Sistema Driscopipe nuevo para incrementar el diámetro de la tubería existente.

Driscopipe Mexicana S. de R.L. de C.V. 21

**APLICACIONES DRISCOPIPE**  
Tecnologías de Rehabilitación sin Zanfeo

*Perforación Direccional* - Usado para evadir obstáculos, carreteras, vías ferroviarias, avenidas, donde detener el movimiento resulta costoso e impráctico

Driscopipe Mexicana S. de R.L. de C.V. 24

Fuente: Manual de Ingeniería de Producto Driscopipe

### Inspeccione la línea

Un estudio con cámara de televisión ubicará los laterales, los defectos y proporcionará los mejores detalles de cómo reparar la línea.

Seleccione económicamente las excavaciones para inserción

Con la ayuda del estudio de TV y los dibujos técnicos ubique las excavaciones de los derrumbes o cambios en la línea o cota.

### Especifique el D.E. correcto para el forro

Normalmente, si la línea vieja esta en una condición razonable, basta un espacio de 10% para colocar el revestimiento.

### Prepare el forro

Determine y mida los tramos de tubería requeridos.

Soldé a tope las juntas simples en los tramos prescritos y enganche al cabezal de tracción y cable de cola, si se requiere.

### Limpie la línea

Despeje y limpie la línea vieja lo suficiente para poder insertar el forro sin esfuerzo.

### Inserte el forro

Instale el cable de tracción y los aparejos. Enganche el cable al cabezal de tracción y forme el declive de la excavación de un mínimo de 2:1 luego, tire del forro para colocarlo en su sitio. Una alternativa es empujar el forro a su sitio usando un cable corredizo.

### Termine el trabajo

Selle o coloque pasta alrededor del forro en los pozos de inspección y partes mas bajas de las tuberías, por último tape las excavaciones.

### Gama de temperatura

La tubería de polietileno de alta densidad, se puede usar en aplicaciones a presión, hasta una temperatura de operación de 60° C. para temperaturas mayores se utiliza en aplicaciones de corto plazo y en fluidos por gravedad.

Para bajas temperaturas se han efectuado pruebas y se ha comprobado que sus propiedades se ven incrementadas.

La tubería de polietileno de alta densidad, mantiene su flexibilidad e integridad a temperatura de -180 °F(-117.8 °C)

En la siguiente tabla se muestran los factores de reclasificación por temperatura que no sean la ambiente (23° C ó 73.4° F)

La tubería de polietileno de alta densidad ha sido probada por miles de horas a temperaturas elevadas sin que sufra degradación física alguna. Estas pruebas se usan para obtener los factores para la reclasificación de la presión

Temperatura		factor para reclasificar la presión
°F	°C	
50	10	1.14
73.4	23	1.00
100	38	0.79
120	49	0.62
140	60	0.50

#### Sistema de Unión

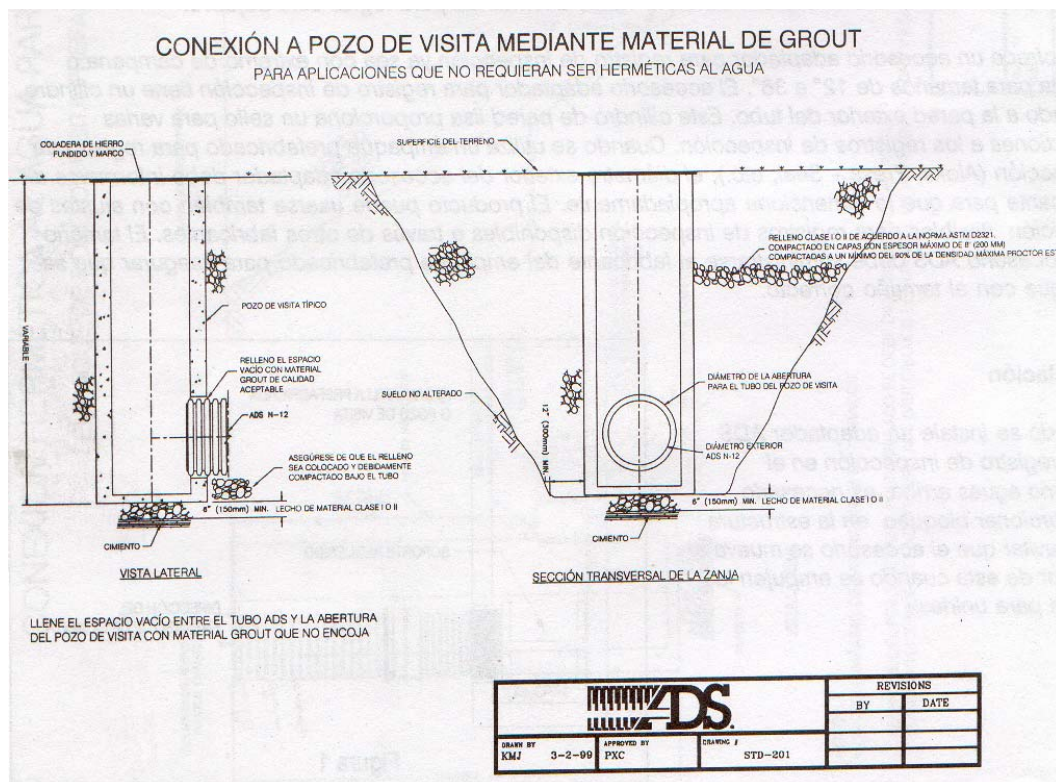
Para unir la tubería de polietileno de alta densidad, se emplea la técnica de termofusión. Este sencillo procedimiento visual utiliza temperaturas reguladas y presión para producir una junta fundida libre de fugas mucho más resistente que la misma tubería, tanto en tensión como en carga hidrostática. Ideada y desarrollada



por Phillips, la junta por termofusión es reconocida en la industria como un sistema de unión de alta integridad y confiabilidad.

También, la tubería de polietileno de alta densidad, se puede unir entre sí, y conectar a otros materiales con bridas, acoplamientos de compresión y otros medios mecánicos.

Figura No. 17 Conexión a pozo de visita de la tubería de polietileno



Fuente: Manual de ingeniería de producto

Figura No. 18 Colocación de tubería de polietileno con equipo



Fuente: cortesía de la obra Distribuidor Juárez-Serdán