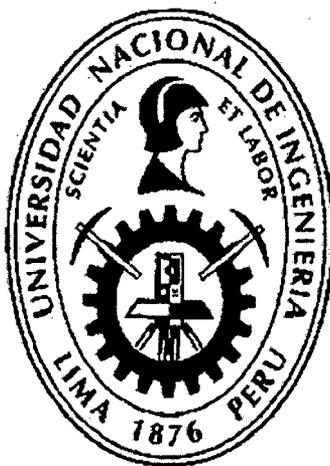


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO, GAS NATURAL Y  
PETROQUIMICA**



**“OPTIMIZACION DEL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS MEDIANTE  
EL USO DE TUBERÍAS DE RESINA EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE  
VIDRIO (ERFV) EN EL NOROESTE PERUANO”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL**

**ELABORADO POR:  
JOFFRE ROUSSETT VILLAVICENCIO GARRIDO**

**PROMOCIÓN 2011-2**

**LIMA - PERU**

**2013**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### **A mi madre Esther.**

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

### **A mi padre Walter.**

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor*

### **A mis Hermanos**

*Grover, Yury y Kenyo por ser ejemplos de hermandad, por sus incondicionales apoyos perfectamente mantenidos a través del tiempo. y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.*

*¡Gracias a ustedes!*

## SUMARIO

La conducción de hidrocarburos por medio de tuberías de acero es el método tradicional para la transportación de hidrocarburos, siendo así la industria petrolera se ve obligada a ejecutar programas de mantenimiento y reposición constantes ocasionados por la corrosión a la que se exponen estas tuberías cuando están debajo de la superficie, con el consiguiente efecto negativo sobre los costos de explotación.

Estos problemas habían sido enfrentados hasta ahora con mejoras complejas, que demandaban un estricto control, para así obtener un margen de eficacia que influya en el resultado operativo.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la factibilidad del uso de la tubería epoxi reforzada con fibra de vidrio (ERFV) que encuentran su mayor campo de aplicación en la industria de hidrocarburos, principalmente durante la fase de explotación en las líneas de producción de petróleo y gas (line pipe),

Este tipo de tubería se presenta como una alternativa económica para solucionar los problemas originados por el contacto con suelos altamente corrosivos, además de que este tipo de tubería ofrece otras ventajas sobre las tuberías tradicionales como una mejor eficiencia de transporte, durabilidad, menor peso y costos de instalación.

Además no requieren pintura ni materiales de conservación; los sistemas de tuberías son resistentes a las condiciones medioambientales y por consiguiente no es necesario utilizar pintura ni otros materiales de conservación.

## INDICE

<i>DEDICATORIA</i>	<i>i</i>
<i>SUMARIO</i>	<i>ii</i>
<i>INDICE</i>	<i>iii</i>

### **CAPITULO I: INTRODUCTORIO**

<i>1.1 Antecedentes del Proyecto</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Formulación del Problema</i>	<i>1</i>
<i>1.3 Justificación del Plan de Tesis</i>	<i>1</i>
<i>1.4 Objetivos del Proyecto</i>	<i>2</i>
<i>1.5 Hipótesis</i>	<i>2</i>

### **CAPITULO II: TUBERÍAS EPOXI REFORZADAS CON FIBRA DE VIDRIO PARA EL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS.**

<i>2.1 Tecnología de Fabricación: Materias Primas</i>	<i>3</i>
<i>2.2 Proceso de Fabricación</i>	<i>5</i>
<i>2.3 Aseguramiento de la Calidad</i>	<i>6</i>
<i>2.4 Ensayos de Laboratorio</i>	<i>6</i>
<i>2.5 Datos Técnicos</i>	<i>7</i>
<i>2.6 Mercado de Productos</i>	<i>8</i>
<i>2.7 Fibra de Vidrio</i>	<i>10</i>
<i>2.7.1 Características Químicas:</i>	<i>11</i>
<i>2.7.2 Características Físicas</i>	<i>12</i>
<i>2.8 Tipos de Instalación</i>	<i>13</i>
<i>2.9 Recomendaciones para la Instalación</i>	<i>13</i>
<i>2.10 Ventajas las Tuberías ERFV.</i>	<i>16</i>
<i>2.11 Aplicaciones recomendadas para las tuberías de resina reforzada con fibra de vidrio</i>	<i>17</i>

**CAPITULO III: TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO BONDSTRAND Y CENTRON  
PARA LA TRANSMISIÓN DE LÍQUIDOS Y GAS**

3.1 Rendimiento de Alta Calidad	19
3.2 Condiciones Climáticas Extremas	19
3.3 Vida útil	20
3.4 Menor Costo	20
3.5 Resistencia a la corrosión	22
3.6 Fácil de instalar	22
3.7 Sistemas de tuberías ERFV (Epoxi Reforzadas con Fibra de Vidrio)	23

**CAPITULO IV: SISTEMAS DE TUBERÍAS SUBTERRÁNEOS**

4.1 Fondo de la zanja	27
4.2 Cruces con carreteras	27
4.3 Procedimientos de Descenso	28
4.4. Conexión Alineada	29
4.5 Bloques de Empuje (Trunions)	31
4.6 Relleno y Compactación	32

**CAPITULO V: SISTEMAS DE TUBERÍAS SUPERFICIALES**

5.1 Reglas Básicas del Diseño del Soporte	35
5.2 Procedimiento para Prueba Hidráulica de los Sistemas de Tuberías GRE	36
5.2.1 Descarga	36
5.2.2 Comprobación de la presión	36
5.2.2.1 General	36
5.2.2.2 Preparación	36
5.2.2.3 Pruebas	37
5.3 Limpiadores de Tuberías	39
5.4 Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad Durante la Instalación	40
5.4.1 Seguimiento de pegadas	40

5.4.2 Posibles Defectos durante la Instalación	41
<b>CAPITULO VI: BENEFICIOS Y COMPARACIÓN ENTRE LA TUBERIA ERFV Y OTROS MATERIALES</b>	
6.1 Beneficios de tubería ERFV	42
6.2 Comparación entre uso del ERFV y otros Materiales	42
6.3 Ventajas de las Tuberías Epoxi Fibras de Vidrio (ERFV)	43
<b>CAPITULO VII: USO DE LA TUBERIA ERFV EN EL LOTE X</b>	45
<b>CAPITULO VIII: ANALISIS DE COSTO</b>	47
<b>CAPITULO IX: CONCLUSIONES</b>	48
<b>CAPITULO X: ANEXOS</b>	49
9.1 Perforación con Coiled Tubing y entubación de Casing de Epoxi reforzado con fibra de vidrio (ERFV)	49
9.2 Normas de Aplicación Internacional	73
<b>CAPITULO XI : BIBLIOGRAFIA</b>	90

## **CAPITULO I: INTRODUCTORIO**

### **1.1 Antecedentes del Proyecto**

Los materiales de las tuberías que se aplican para el transporte de hidrocarburos son por lo general de acero y no metálicas, entre los materiales no metálicos están los plásticos, asbesto, cemento y Epoxy Fibra de Vidrio que se utilizan para líneas de flujo. Dos ventajas relevantes de la tubería no metálica son su resistencia a la corrosión y el alivio de los problemas ocasionados por depósitos de parafina y carbonato de calcio en el interior de las tuberías. Esto representa una menor resistencia al flujo, por lo cual en algunas instalaciones permite el uso de diámetros pequeños de tubería. Frecuentemente el costo total de estos tipos de tubería es competitivo con el de tubería de acero, donde las presiones de operación y las temperaturas lo permiten y la parafina y la corrosión representan serios problemas.

### **1.2 Formulación del Problema**

El transporte de hidrocarburos por medio de tuberías de acero es el método tradicional para la transportación de hidrocarburos, siendo así la industria petrolera se ve obligada a ejecutar programas de mantenimiento y reposición constantes ocasionados por la corrosión a la que se exponen estas tuberías cuando están debajo de la superficie, con el consiguiente efecto negativo sobre los costos de explotación.

Estos problemas habían sido enfrentados hasta ahora con paliativos complejos, que demandaban un estricto control para así obtener un margen de eficacia que influya en el resultado operativo.

### **1.3 Justificación del Proyecto de Tesis**

En el presente proyecto de tesis se utilizará este tipo de tubería como una alternativa económica para solucionar los problemas originados por el contacto con suelos altamente corrosivos, además de que este tipo de tubería ofrece otras ventajas sobre las tuberías tradicionales como una mejor eficiencia de transporte, durabilidad, menor peso y costos de instalación.

#### **1.4 Objetivos del Proyecto**

El Objetivo principal del proyecto es optimizar el transporte de hidrocarburos mediante el uso de tuberías de resina epoxi reforzado con fibra de vidrio (ERFV), evitando la corrosión en las líneas de flujo.

##### **Como objetivos específicos:**

Evitar problemas ocasionados por depósitos de parafina y carbonato de calcio en el interior de las tuberías, disminuir los costos de mantenimiento y control de las tuberías, mejorar la eficiencia de transporte e incrementar la vida útil de las tuberías.

#### **1.5 Hipótesis**

Con el uso de la tubería epoxi reforzada con fibra de vidrio (ERFV), se optimizará el transporte de hidrocarburos y se podrá evitar todas las formas de corrosión (dentro y fuera de las tuberías), reducción de la formación de parafina, reducción de los costos de mantenimiento de las tuberías, mejor eficiencia de transporte, larga vida útil, menor peso y costos de instalación.

## **CAPITULO II: TUBERÍAS EPOXI REFORZADAS CON FIBRA DE VIDRIO PARA EL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS.**

### **2.1 Tecnología de Fabricación: Materias Primas**

Las tres materias primas empleadas en su manufactura son la resina epoxi, vidrio y los agentes de curado. El epoxi contribuye con resistencia, temperatura y resistencia química al acabado del producto. El vidrio provee una alta resistencia y capacidad de cargas conductoras. Los agentes de curado enlazan y convierten la resina a un sólido, el cual protege y encapsula al vidrio de ataques químicos. Y también proveen una mayor participación en la resistencia química y al calor de los sistemas.

#### **• Sistema de Resina**

La resina utilizada en materiales compuestos obtenidos por "filamento winding" cumple con el mismo propósito que en estructuras fabricadas por otras técnicas.

Tales funciones son:

- Mantener las fibras unidas
- Distribuir cargas
- Proteger los filamentos de vidrio de la abrasión
- Controlar las propiedades eléctricas y químicas
- Aportar la resistencia al corte interlaminar

Las resinas epoxi poseen un conjunto de propiedades particularmente relevantes, por lo que se las eligen prestaciones de alto rendimiento.

Las propiedades más importantes de las resinas epoxi son:

- Estabilidad dimensional durante el polimerizado
- Resistencia química
- Inertes químicamente
- Alta adhesión y tenacidad
- Durabilidad
- Versatilidad

Para alcanzar el polimerizado de las resinas, a estas se les adiciona un agente de curado. De este agente dependerá las propiedades químicas y térmicas de la mezcla.

- **Agentes de Curado**

Los agentes de curado más comunes son:

- **Anhídrido:** Permite obtener productos con temperatura de servicio de hasta 65 °C u 80 °C (dependiendo del tipo de anhídrido empleado). La resistencia química frente a algunos agentes es menor que los sistemas curados con aminas, pero es mejor frente a ácidos diluidos y los fluidos petroleros más comunes.
- **Aminas alifáticas:** otorgan excelentes propiedades físico-químicas a la resina curada, incluyendo resistencia a químicos y solventes. Buena conservación de las propiedades a largo plazo con temperaturas de servicio de hasta 90 °C
- **Aminas Aromáticas:** Otorgan excelentes propiedades y mejor resistencia química a temperaturas de hasta 100 °C.

- **Fibra de Vidrio**

La fibra de vidrio (del inglés *Fiber Glass*) es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinerette) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

El tipo de fibra de vidrio mas utilizado es el tipo "E", las cuales poseen propiedades que las hacen la mejor opción para propósitos estructurales.

Para tuberías de ERFV, las fibras son utilizadas en las siguientes presentaciones:

- "Rovings" continuo (mechas)
- Tejidos
- Fibras cortadas

Las fibras de vidrio continuos otorgan bajo costo, estabilidad dimensional, buenas propiedades al impacto, modulo y resistencia moderada y fácil manipuleo.

## **2.2 Proceso de Fabricación**

El proceso de fabricación principal de las tuberías ERFV es denominado "filament winding" o enrollamiento de filamentos.

Como un todo, la obtención de estos productos comprende las siguientes etapas:

- Bobinado y curado
- Extracción
- Corte
- Roscado
- Prueba hidráulica

El proceso de bobinado o enrollamiento se lleva a cabo de manera discontinua.

Este consiste en el enrollamiento de fibras de vidrio continuas, previamente impregnadas en un baño de resina ( ya mezclado con endurecedor y otros aditivos), alrededor de un mandril metálico que posee una rosca tallada en uno de los extremos, la cual luego se convertirá en la rosca Interna del producto.

El enrollamiento se da en un ángulo específico, conformado un conjunto de capas mediante la suma de pasadas desde uno a otro extremo del mandril.

Finalmente se enrolla material adicional en ambos extremos a modo de refuerzo.

Al finalizar el curado, el producto es extraído del mandril para permitir el bobinado de una nueva tubería.

Al producto curado se le cortan los extremos, considerados desperdicio técnico, y se le fabrica la rosca externa.

El proceso de Fabricación de esta rosca puede ser llevado a cabo por dos métodos:

- Roscado por moldeo
- Roscado por mecanizado

El primer caso, se aplica una pasta epoxi con una matriz de acero, la cual luego es curado en hornos especialmente diseñados a tal fin.

En el caso del roscado por mecanizado, se construye el perfil de los filetes mediante el desbaste por abrasión o por arranque de viruta con herramientas diamantadas.

### **2.3 Aseguramiento de la Calidad**

Por ultimo y de acuerdo a lo establecido en la especificación de API 15HR, se realiza prueba hidráulica al 100% de los productos a 1.5 veces la presión de rating.

- **Controles de Proceso**

Una vez iniciada la producción se llevan a cabo un serie de controles de calidad, algunos de ellos requeridos por la especificación aplicable y otros adicionales, con el objetivo de asegurar la uniformidad y la estabilidad de los procesos.

En el proceso de enrollamiento se controla la tensión de los "roving" (mechas) de fibra de vidrio, la temperatura de la mezcla resina/endurecedor, la velocidad de bobinado, todos parámetros que influyen la fracción de fibra de vidrio en el material compuesto. Además se verifica el Angulo de aplicaron de las fibras y la homogeneidad de cada capa aplicada.

Durante el curado se controlan tiempos, temperaturas y rampas de cada etapa. Luego, cada etapa subsiguiente involucra controles particulares, siempre tendientes a obtener productos de alta calidad, lo cual la culmina con la realización de la prueba hidráulica e inspección visual de todos y cada uno de los productos.

### **2.4 Ensayos de Laboratorio**

Se llevan a cabo controles de recepción de materias primas y ensayos de control de producto en laboratorios equipados con la ultima tecnología.

En el caso de resinas y endurecedores, se controla viscosidad, densidad pureza.. Sobre la fibra de vidrio se determina porcentaje de humedad, densidad lineal y contenido de agente compatible.

Durante el proceso, a los productos se les mide la temperatura de transición vítrea y el porcentaje de fibra y resina del compuesto.

Periódicamente se extrae un producto del lote y se le realiza un ensayo hidráulico para verificar que no existan pérdidas superadas las 2 veces la presión de diseño se lo ensaya, luego, hasta, hasta la presión de rotura. En muestras extraídas del mismo producto se realiza medición del espesor, según lo establecido en la especificación correspondiente.

## 2.5 Datos Técnicos

De acuerdo a la especificación API 15HR, los fabricantes deben brindar un conjunto de propiedades de los productos, las cuales se obtiene principalmente por medio de ensayos realizados durante la etapa de diseño.

Algunas de dichas propiedades para el caso de una tubería de epoxi curado con anhídrido se presentan a continuación a modo de referencia general.

**Tabla N° 2.1 Propiedades de una Tubería Epoxi**

<b>Propiedad</b>	<b>@ 24 °C</b>	<b>@ 75 °F</b>
<b>Tracción Axial - ASTM D 2105</b>		
Tensión de rotura	69 MPa	10x10 <sup>3</sup> psi
Tensión de diseño	17,5 Mpa	2,5x10 <sup>3</sup> psi
Modulo elasticidad	12000 Mpa	1,7x10 <sup>6</sup> psi
<b>Compresión Axial - ASTM D 695</b>		
Tensión de rotura	131 MPa	19x10 <sup>3</sup> psi
Tensión de diseño	32,75 Mpa	4,7x10 <sup>3</sup> psi
<b>Flexión - ASTM D 2925</b>		
Tensión de rotura	103 Mpa	15x10 <sup>3</sup> psi
Tensión de diseño	13 Mpa	2x10 <sup>3</sup> psi
Modulo de elasticidad	8200 Mpa	1,1x10 <sup>6</sup> psi
<b>Presión Hidráulica interior - ASTM D 1599</b>		
Tensión circunferencial de rotura	275 Mpa	40x10 <sup>3</sup> psi

<b>Diseño Hidrostática - ASTM D 2992 Proc. B</b>		
Tensión circunferencial de rotura	150 Mpa	22x10 <sup>3</sup> psi
Modulo de elasticidad circunferencial	21000 Mpa	3x10 <sup>6</sup> psi
<b>Coefficiente de expansión térmica lineal-ASTM D696</b>		
	17,3.10	17,33x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Conductividad térmica - ASTM D 177	0,36 W/m.K	0,36 W/m.K
Gravedad especifica - ASTM D 792	1.95	1.95
Factor de fricción Hazen - Williams	150	150

## 2.6 Marcado de Productos

La trazabilidad nos permite identificar y registrar las tuberías de fibra de vidrio, sistemas de unión y accesorios desde su fabricación hasta el final de su vida útil:

- Fabrica
- Numero de maquinado / posición / Número
- Código del producto
- Fecha de construcción
- Operador
- Clase por presión API 15HR
- Diámetro nominal

### • Logística

Los Fabricantes deberán cumplir con los lineamientos del API RP 15TL4, Secciones 1 y 2

### • Manipuleo

- Cada tubo se manipulan manualmente
- Apilar los tubos utilizando correas
- Antes de elevar los tubos, apilarlos en paquetes

- **Transporte:**

- Transportar los tubos utilizando contenedores de carga
- Transportar los tubos utilizando cajas

**Para la instalación utilizar:**

- Llaves de correa para ajustar
- Llaves fricción de metal para ajustar
- Lubricantes / sellantes en las uniones
- Herramientas especiales para hacer roscas
- Combas hidráulicas de brazo largo
- Colgadores de tubos con ruedas

**En instalaciones especiales se recomienda:**

- Enterrar preferentemente los tubo bajo tierra
- Preparar la zanja para enterrar la tubería
- Instalar los bloques de empuje en los cambios de dirección de la tubería enterrada (codos y tes)
- Instalar soportes a determinado espaciamiento para evitar la máxima deflexión (un tubo) de la tubería en el aire.
- Instalar camisas metálicas de protección en los cruces de caminos
- Rellonar entre los cruces de líneas
- Instalar sacos de arena entre los cruces de líneas
- Instalar las líneas nuevas por debajo de las líneas existentes

## 2.7 Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio (del inglés *Fiber Glass*) es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinette) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

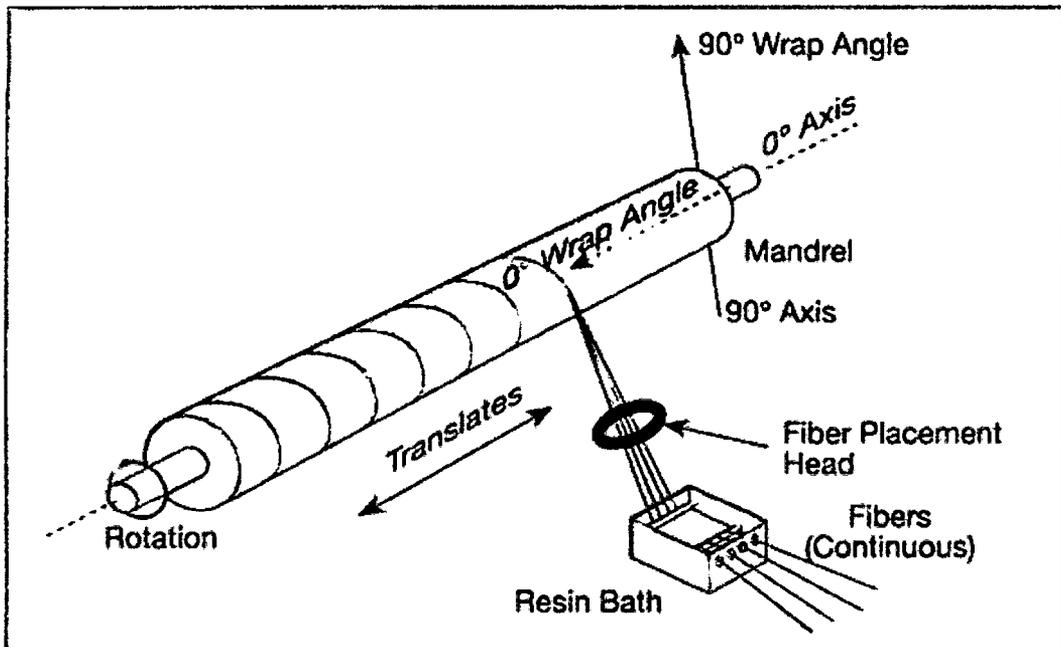


Fig. 2.1 Composición del Material de Fibra de Vidrio

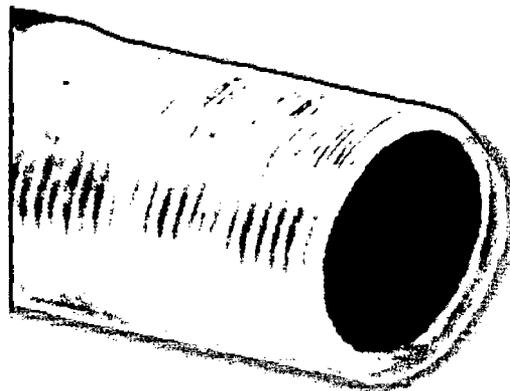


Fig. 2.2 Corte de la conexión según especificación de API 5B

### 2.7.1 Características Químicas:

Las tuberías de fibra de vidrio tienen buena resistencia química hasta 93°C, que les da óptima resistencia a la corrosión, según se indica en el siguiente cuadro:

CHEMICAL	CONC.	MAX. RECOMMEND TEMPs	
		Anhydride °C	Amines °C

#### HYDROCARBONS

Crude Oil, sweet (CO <sub>2</sub> ) or sour (H <sub>2</sub> S)		65	93
Diesel Fuel		65	93
Fuel Oil		65	93
Gasoline, all types		65	93
Jet Fuels		65	93
Kerosene		65	93
Naphtha		38	93

#### SOLVENTES

Benzene	< 10%	25	25
Heptane		50	65
Hexane		25	65
Tolueno		38	65

#### WATERS

Water, Brine / Salt / KCL / Hard		65	93
Water, chlorinated	100 ppm	38	65
Water, Demineralized / Distilled		38	93
Water, Produced, Sweet (CO <sub>2</sub> ) or sour (H <sub>2</sub> S)		65	93
Water, Sea		65	93

### 2.7.2 Características Físicas

Los parámetros de diseño generales para la fabricación de la Tuberías epoxi reforzadas con fibra de vidrio se muestran a continuación.

Especificación	API 15HR	API 15LR	Standard
Tiempo de Vida	20 Años	11.4 Años	20 Años
Temperatura	150 °F (65.6 °C)	150 °F (65.6 °C)	150 °F (65.6 °C)
Espesor de Pared	Min. (Cat. Nom.)	Min. (Cat. Nom.)	Nominal
Prueba Hidrostática	1.5 x Rating	1.5 x Rating	1.2 x Rating
Factor de Servicio	1.5 to 1	1 to 1	1.5 to 1
Stress	LCL ASTM2992-B 20,255 psi	LTHS ASTM 2992-A 8,885 psi	LTHS ASTM 2992-B 1,348 PSI

LCL=Limite inferior de confianza

LTHS: Esfuerzo Hidroastico a largo plazo.

#### • Golpe de Ariete

El golpe de ariete se presenta en la tubería debido a las siguientes causas:

- Cambios repentinos en velocidad del fluido dentro del tubo
- Cierres bruscos de válvulas
- Arranques o paradas bruscas de bombas

Estos eventos mencionados ocasionan ondas de presión y aumentos de presión máxima. La solución consiste en calcular cuidadosamente la sobre presión para diseñar el diámetro de tubería y trabajar con velocidades no mayores a 0.3 m/segundo. Un buen Proyecto deberá minimizar el efecto "golpe de ariete" mediante el uso de elementos de seguridad, como válvulas de alivio (triple acción). Así mismo la

instalación de amortiguadores de pulsación, válvulas de seguridad y retención, bloques de empuje, sistemas de derivación, etc.

## **2.8 Tipos de Instalación**

Existen instalaciones alternativas que se ajustan a condiciones específicas, incluyendo zanjas anchas, tablestacado, estabilización del suelo, uso de geotextiles, etc. Para mayor información, consultar el manual de "Recomendaciones de Instalación de Tuberías Enterradas".

Las tuberías se pueden instalar en diferentes condiciones, incluyendo instalación aérea, subacuática, sin zanja y en pendientes pronunciadas.

Estas instalaciones requieren mayor planificación y cuidado que una instalación estándar, por este motivo, Technology ERFV ha desarrollado recomendaciones específicas para estas situaciones. Para mayor información sobre estas recomendaciones, contacte a su proveedor quien le dará los detalles correspondientes.

## **2.9 Recomendaciones para la Instalación**

Para asegurar la larga vida útil y el buen desempeño de las tuberías, se debe realizar una adecuada manipulación e instalación del producto. Es importante que el cliente, el diseñador y el contratista entiendan que las tuberías de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (ERFV) están diseñadas para utilizar la cama de asiento y la zona de apoyo de la tubería resultante de las recomendaciones de instalación.

Los ingenieros han comprobado a través de la experiencia que los materiales granulares adecuadamente compactados son ideales para el relleno de la zanja con tuberías ERFV. La tubería y el material circundante forman un "sistema suelo - tubería" de excelente desempeño. Para mayor información, consulte el manual de ERFV "Recomendaciones de Instalación de Tuberías Enterradas".

La siguiente información es un resumen parcial de los procedimientos de instalación, que bajo ningún punto reemplaza las recomendaciones que deben tenerse en cuenta para cualquier proyecto.

- **Zanja Estándar**

Un detalle de una zanja estándar se muestra en el esquema a la derecha. La zanja siempre deberá ser lo suficientemente ancha como para permitir el emplazamiento de la tubería y la compactación adecuada del material de relleno. Las profundidades de relleno a la clave, corona o extrados del tubo presentadas en esta guía están basadas en una zanja con un ancho igual a 1.75 veces el diámetro nominal de la tubería. Se pueden lograr anchos menores a 1.5 veces el DN de la tubería, sin embargo esto afectará los límites de profundidad.

Consulte a su proveedor para mayor información al respecto.

- **Cama de Asiento**

El asiento de la zanja, con material apropiado, debe proveer un apoyo constante y uniforme para la tubería.

- **Material de Relleno**

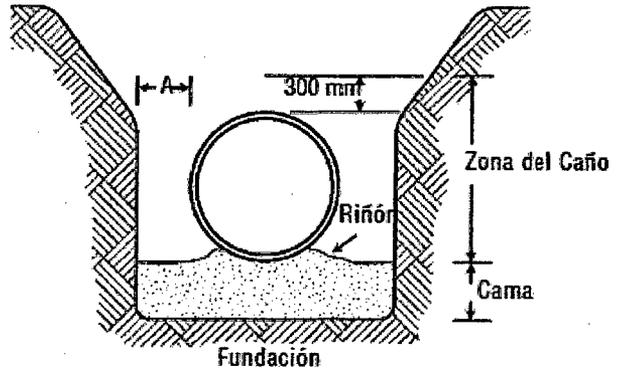
Para garantizar un adecuado sistema suelo-tubería, debe utilizarse el material de relleno adecuado. La mayoría de suelos de partículas gruesas (de acuerdo al Sistema de Clasificación Unificado) son buenos como material de relleno. Cuando las recomendaciones de instalación admitan el uso del suelo natural como material de relleno, se debe tener especial cuidado que el material no incluya rocas, escombros, materiales congelados u orgánicos.

- **Detalle de Zanja Estándar**

Ancho mínimo de zanja

La dimensión A es mínimo  $0.75 * DN/2$

1. Si en el fondo de la zanja hay rocas, suelos blandos, inestables o altamente expansivos, es necesario incrementar la profundidad de la capa de asiento para alcanzar un adecuado soporte longitudinal.



2. La dimensión A debe permitir espacio suficiente para operar los equipos de compactación y asegurar la colocación correcta del relleno del soporte inferior.

Esto podría requerir de zanjas más anchas de la mínima especificada anteriormente, particularmente para diámetros pequeños.

- **Verificación de la Tubería Instalada**

Una vez instalado cada tubo, se debe verificar la deflexión vertical diametral máxima. Con las tuberías FLOWTITE este procedimiento es fácil y rápido.

- **Deflexión Diametral de la Tubería Instalada**

La deflexión diametral inicial máxima (normalmente vertical) permitida se debe ajustar a los siguientes valores:

La máxima deflexión diametral a largo plazo admisible debe ser de 5%. Estos valores se aplican a todas las clases de rigidez.

No se permiten pandeos, declives u otros cambios abruptos en la curvatura de la pared de la tubería. Las tuberías instaladas fuera de estas limitaciones pueden no brindar el desempeño deseado.

## **2.10 Ventajas las Tuberías ERFV.**

### **o Control de la corrosión:**

Excelente resistencia a la corrosión causada por CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y agua salada. No requiere recubrimiento para su protección.

### **o Vida útil:**

Por ser resistentes a la corrosión y a los depósitos de parafina y/o carbonatos, estas tuberías poseen una vida útil ampliamente superior a la del acero.

### **o Reducción de los Costos de Instalación:**

Liviana y fácil de instalar en cualquier condición climática. Se requiere menos personal y equipamiento mas económico durante la instalación.

### **o Mejora la capacidad de flujo:**

Debido a su baja rugosidad interior y al uso de uniones "integral joint", permite mejorar la eficiencia y evitar la formación de inscrustaciones de parafina y carbonatos.

### **o Menor pérdida de Carga**

Debido a la baja rugosidad interior ( $S=0.0000175$  pies), se consigue una menor pérdida de carga que al usar productos de acero ( $S=0.00015$  pies.)

### **o Bajo Peso**

Las tuberías ERFV son hasta 4 veces mas livianas que las tuberías de acero, lo que facilita el manipuleo sin necesidad de acudir a costosos equipamientos. También esto reduce los costos de instalación y de transporte.

### **o Re-Instalación**

Debido al uso de conexiones roscadas, estas pueden ser desmontadas y reinstaladas nuevamente.

### **o Aislantes Eléctricos**

Cuando se utilizan las tuberías de epoxi - fibra de vidrio, se eliminan los problemas originados por electrólisis, por tratarse de un material que no es conductor eléctrico; por esta misma razón es que no requiere protección catódica.

Para un proyecto de un ducto de 20 años de vida útil estimada se requiere: Una tubería de material Resina reforzada con fibra de vidrio sin ningún elemento adicional o una tubería de acero al carbono que si requiere ser protegido con un recubrimiento interno, inhibidor de corrosión, recubrimiento externo, sistema de protección caótica. Además para este caso se requiere elementos de control de corrosión como cupones, probetas, análisis de laboratorio etc.

### **2.11 Aplicaciones recomendadas para las tuberías de resina reforzada con fibra de vidrio**

- FlowLines de producción de sistemas de recolección.
- FlowLines de recolección de agua
- Líneas de inyección de agua.
- Líneas de agua contra incendio
- Inyección de CO<sub>2</sub>, baja presión & Súper Crítico.
- Red de conexión de baterías de tanques.
- Líneas de transporte DOT Gas/ Crudo/ Destilados.
- Líneas Submarinas.
- Líneas de Instrumentación pequeña.

### **2.12 Experiencias internacionales respecto al uso de tuberías ERFV en Oleoductos y Flowlines:**

En argentina durante el periodo 2005 – 2010, se instalaron mas 3000 Km. De tuberías destinadas a proyectos de inyección de agua o conducción de crudo.

- Las Heras: Oleoducto 5200 mts. 10" 750 psi – Argentina
- Medanito: Oleoducto 1700 mts. 6" 500 psi - Argentina
- Las Heras: Oleoducto 5200 mts. 10" 750 psi – Argentina
- Malargue: Oleoducto 2000 mts. 4" 1000 psi – Argentina
- RDLS: Oleoducto 100 mts. 8" 500 psi – Argentina.

- Cuenca Sergipe: Líneas de alta presión de agua 28 Km. 2&4 pulg. x 3000psi - Brasil
- Cuenca Reconcavo: Línea de inyección de agua 79.28 Km. 3 pulg. x1250psi - Brasil
- Cuenca Oriental: Flowline de Petróleo 30.4 Km. 4 pulg. x 500 psi - Venezuela

### **CAPITULO III: TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO BONDSTRAND Y CENTRON PARA LA TRANSMISIÓN DE LÍQUIDOS Y GAS**

Las tuberías de fibra de vidrio epoxi reforzadas con fibra de vidrio (ERFV) BONDSTRAND y CENTRON mejora el costo del ciclo de vida y además es:

- Excelente resistencia a la corrosión
- Larga vida útil
- Ligeras
- Fáciles de instalar en cualquier condición climática

Mejora la fiabilidad y el rendimiento a largo plazo de su tubería para el transporte de fluidos con las tuberías resistentes a la corrosión.

Ameron es el fabricante líder mundial de sistemas de tuberías de epoxi reforzadas con fibra de vidrio (ERFV). Basándose en décadas de experiencia, Ameron diseño una serie de sistemas de tuberías destinadas a satisfacer las exigentes necesidades del sector, con sistemas compuestos de fibra de vidrio, disponibles en una amplia variedad de diámetros y presiones y con la posibilidad de elegir sistemas de acoplamiento de unión o mecánicos.

Estos tuberías reúne las condiciones necesarias para satisfacer las necesidades de transporte cualquier líquido en las más diversas aplicaciones por todo el mundo.

#### **3.1 Rendimiento de Alta Calidad**

La tubería de fibra de vidrio de alta y media presión se fabrica empleando equipos de embobinado de filamentos controlados por computadora de última generación y está diseñada para cumplir las normas de la industria (PI, ISO, ASTM y ANSI), con el fin de satisfacer las necesidades del mercado para servicios y productos de calidad, cada vez más exigentes, cuenta con la certificación ISO 9001 de la DNV y de diversas organizaciones específicas del sector como UL, Lloyds, etc.

#### **3.2 Condiciones Climáticas Extremas**

No importa si sus tuberías prestan servicio en abrasadores desiertos, en climas tropicales o en lugares donde reina un frío glacial, brinda soluciones económicas para

sustituir tuberías de acero convencionales deterioradas por el óxido o para construir nuevos proyectos de tendido de tuberías.

### **3.3 Vida útil**

Las tuberías fabricadas en acero o en otros metales necesitan protección frente a la corrosión (tanto interna como externa) a lo largo de su vida útil operativa. Tanto la protección catódica como los sistemas de inyección de inhibidores o los costosos.

### **3.4 Menor Costo**

El costo de instalación de los sistemas de tuberías de epoxi reforzado con fibra de vidrio es por lo general el 80% de las de acero de carbono. La resistencia a la corrosión de los sistemas de tuberías ERFV reduce el costo de mantenimiento tanto para las tuberías subterráneas como para las de superficie.

La superficie interna lisa se mantiene uniforme a lo largo de toda la vida útil del tendido y reduce la pérdida de presión, lo que redundará en una reducción de los costes y del consumo de energía.

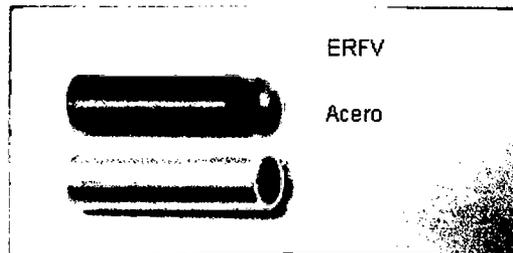
Revestimientos suponen cuantiosos gastos operativos para los tendidos de tuberías de acero. Con el uso del epoxi reforzado con fibra de vidrio (ERFV), estos gastos se reducen de forma drástica. Bondstrand y Centron, son la solución para los problemas de corrosión.

Entre los operarios de tuberías las continuas reparaciones y operaciones de mantenimiento de los tendidos de tuberías de acero tienden a considerarse parte de la rutina diaria. La vida útil de las tuberías de acero a menudo se ve reducida por culpa de la corrosión, que suele aceptarse como "ley de vida".

La reparación de los sistemas es un hecho frecuente, incluso cuando su diseño incluye lo que conocemos como sobreespesor para la corrosión. Las tuberías de epoxi reforzadas con fibra de vidrio (ERFV) Bondstrand y Centron proporcionan una mejor respuesta.

Los sistemas de tuberías para la transmisión de líquidos deben cumplir unas exigentes normas de rendimiento. Temperatura, presión, resistencia a productos químicos,

corrosión y mantenimiento son factores que hay que tener en cuenta para decidir el material que se va a utilizar. Los sistemas de tuberías de epoxi reforzadas con fibra de vidrio (ERFV) son duraderos, resistentes a la corrosión y requieren poco mantenimiento.



**Fig. 3.1 Diferencia entre una Tubería ERFV y Tubería de Acero**



**Fig.3.2: Tendido de Tubería ERFV, para el transporte de Hidrocarburos**



Los sistemas de tuberías Bondstrand® y Centron® cumplen las normas API 15LR y API 15HR. Se aplican factores de seguridad conservadores, según la norma API 5L. Nuestros productos pueden protegerse conforme a la normativa del DOT\*. Las tuberías Bondstrand® y Centron® son altamente resistentes al petróleo crudo, gas natural, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, agua salobre caliente, suelos agresivos y corrientes eléctricas parásitas.\* Ministerio de transporte EE.UU

Los sistemas de tuberías Bondstrand® y Centron® llevan demostrando su eficacia desde 1957, habiendo sido utilizados con éxito en miles de kilómetros de canalizaciones repartidos por todo el mundo y en una amplia variedad de aplicaciones para transmisión de fluidos en campos petrolíferos, aplicaciones industriales, traslado de productos químicos (residuales), minería, etc. Bonstrand® y Centron® también funcionan bien a temperaturas elevadas (50-121°C/122-250 °F) y soportan la exposición a agua salobre caliente, suelos contaminados y corrientes inducidas sin sufrir ningún efecto importante.

### **3.5 Resistencia a la corrosión**

Los materiales de las tuberías Bonstrand y Centron® son inertes a la corrosión (interna y externa) producida por agua (de mar), por diversos productos químicos, petróleo crudo, agua de inyección y resistentes al ataque de bacterias y roedores. No necesitan protección catódica o inhibidores, ni se ven influidos por electroductos cercanos.

### **3.6 Fácil de instalar**

Los sistemas de tuberías Bonstrand® y Centron® son fáciles de instalar. En caso necesario, Ameron imparte formación para el personal encargado de la instalación. El reducido peso de los materiales que componen las tuberías ERFV simplifica su manipulación, eliminando la necesidad de emplear maquinaria pesada.



**Fig. 3.3 Enterramiento de las tuberías ERFV**



**Fig.3.5 Empalmes de las tuberías ERFV**

### **3.7 Sistemas de tuberías ERFV ( Epoxi Reforzadas con Fibra de Vidrio**

- **Bondstrand**

Sistemas de tuberías de epoxi reforzadas con fibra de vidrio (ERFV) para tendidos subterráneos Bondstrand es un sistema de canalización de filamento enrollado con extremos integrados macho y hembra que permiten una fácil conexión.

Bonstrand es la mejor elección para tuberías con necesidades de presión media de hasta 50 bar (725 PSI) y se fabrica en diámetros de hasta 1000 mm (40 pulgadas).

Bonstrand es la alternativa más rentable para la transmisión de petróleo crudo, agua salobre, agua del mar, agua potable, aguas residuales y líquidos levemente corrosivos, así como para sistemas de alcantarillado.

- **Centron**

Los sistemas de tuberías técnicamente avanzadas Centron, es la combinación perfecta para tuberías con necesidades de alta presión, disponible en tamaños que van desde 50 a 250 mm (de 2 a 10 pulgadas) y con una presión operativa máxima de hasta 241 bar (3500 PSI).

Centron ofrece un avanzado sistema de tubería de filamento enrollado, con uniones a rosca patentadas y cierres de anillo "O" redundantes, o con una conexión a rosca normal.

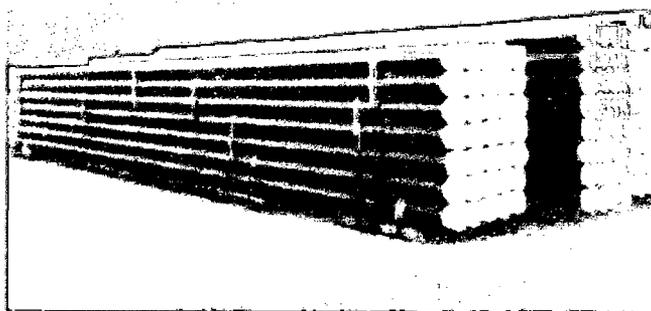


Fig.3.6 Almacenamiento de las Tuberías ERFV Centron

Los sistemas de tuberías resistentes a la corrosión de Ameron pueden emplearse en una amplia variedad de aplicaciones de tuberías. Desde el transporte de aceite o gas a servicios industriales en general y manipulación de agua.

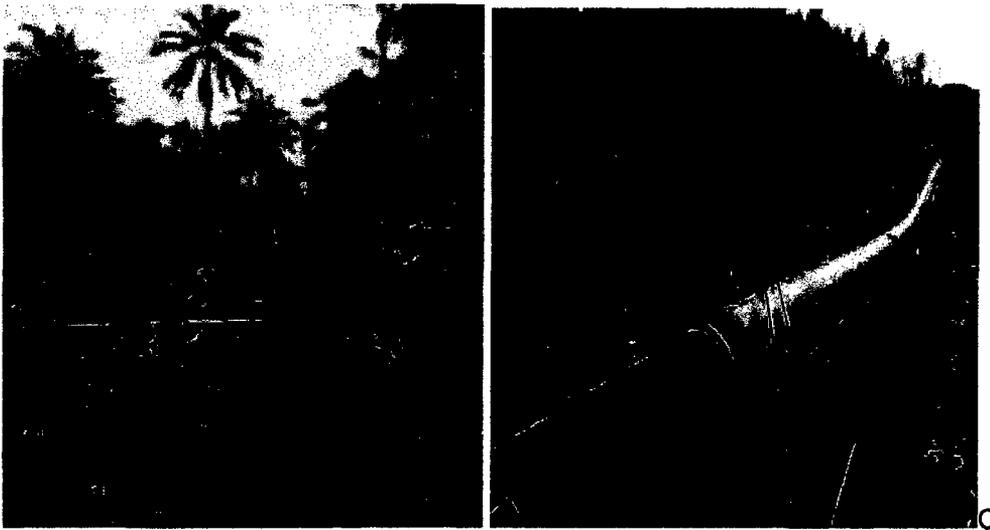
Las aplicaciones más habituales son:

➤ **Petróleo y Gas**

- Línea de transporte de petróleo crudo
- Líneas de transporte de fluidos / tomas
- Líneas de transporte y colectoras de gas.
- Líneas de inyección de agua en
- Yacimientos petrolíferos

### ➤ **Industria**

- Líneas de (transporte de agua) salada
- Líneas de lodos y cenizas volantes
- Líneas de transporte de agua potable
- Líneas de transporte de agua salada procesada
- Líneas de transporte de agua salobre y agua de mar.
- Líneas de transporte de agua contaminada y aguas
- residuales



**Fig.3.8 Ameron ofrece la más amplia selección de sistemas de unión adhesiva, a rosca y mecánica para sistemas de tuberías de epoxi reforzadas con fibra de vidrio (ERFV)**

### **Sistemas de Uniones**

- **Quick-Lock**

Sistema de unión adhesiva con enchufe recto y campana cónica. La oclusión integral de la tubería en la campana Quick-Lock garantiza la precisión de los tramos en tuberías de tolerancia estrecha. Disponible en diferentes tamaños desde 25 a 400 mm (1 – 16 pulgadas). Clase de presión: máx. 16 bares (232 psi)

- **Cónico /cónico**

Sistema de unión adhesiva con extremos macho y hembra cónicos que ofrecen una mejor fuerza de unión gracias a su grosor adhesivo controlado. Disponible en diferentes tamaños desde 50 a 1000 mm (2 – 40 pulgadas). Clase de presión: máx. 50 bar (725 psi)

- **Key-Lock**

Sistema de unión mecánica autocontrolada de fácil instalación que emplea una o dos llaves de bloqueo, según las necesidades e presión. Utiliza un anillo "O" para el cierre estanco. Disponible en diferentes tamaños desde 50 a 1000 mm (2 – 40 pulgadas).

Clase de presión: máx. 50 bares (725 psi)

- **Coil-Lock**

Sistema de unión mecánica autocontrolada que ofrece rapidez de instalación con una llave de bloqueo espiral dúctil entre macho y hembra. Los dos anillos "O" pueden probarse fácilmente en el momento de la instalación. Disponible en diferentes tamaños desde 200 a 1000 mm (8 – 40 pulgadas). Clase de presión: más de 275 bar (4000 psi)

- **Sistema patentado Centron 4 TPI (Threads per Inch/hilos por pulgada)**

Sistema de unión a rosca de 4 hilos por pulgada que permite un rápido ensamblaje entre los extremos macho y hembra. Se emplear un anillo "O" para proporcionar un sellado óptimo. Disponible en diferentes tamaños desde 50 a 250 mm (2 – 10 pulgadas).

También disponemos de una unión EUE de 8 hilos o LTC en varios tamaños de 1 1/2 - 4 1/2 p (Tubing), 4 1/2 - 9 5/8 p (Casing) y 9 5/8 p (tubería de línea) Clase de presión: máx. 241 bares (3500 psi)

- **Bridas**

Bridas de una sola pieza y bridas tipo Van Stone con anillos sueltos. Disponible en diferentes tamaños desde 25 a 1000 mm (1 – 40 pulgadas). Clase de presión: máx. 50 bares (725 psi)

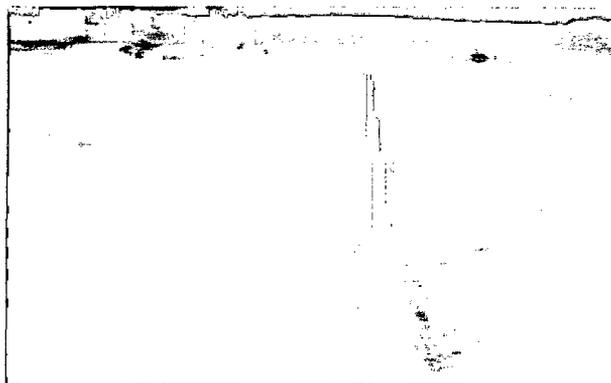
## CAPITULO IV: SISTEMAS DE TUBERÍAS SUBTERRÁNEOS

### 4.1 Fondo de la zanja

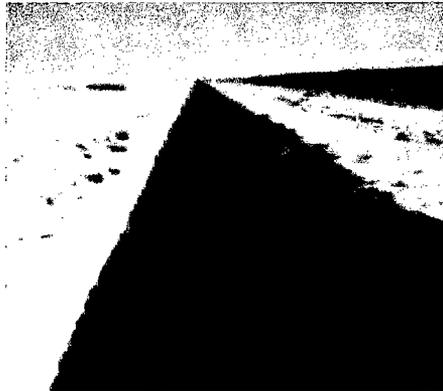
El fondo de la zanja deberá de ser por lo menos de una capa de 150 mm de arena compactada sin piedras u otros objetos afilados. Los flancos de la zanja deberán ser estables y se deberá prestar precaución para evitar que caigan piedras en la tubería ya instalada. Los lados superiores de la zanja deberán estar libres de rocas u otros objetos pesados/afilados.

### 4.2 Cruces con carreteras

Cuando la sección de una tubería pasa por debajo de una carretera, la tubería deberá protegerse de la carga de tráfico. Esto puede hacerse mediante la utilización de una manga de acero. La manga de acero no debería ser más larga que el ancho de la carretera. Las tuberías insertadas en la manga de acero deberán tener siempre centralizadores para evitar que se produzca contacto directo entre la tubería y la manga. Las planchas de acero o unas profundidades de enterramiento suficientes pueden utilizarse si los cálculos indican que son apropiados.



**Fig.4.1 Zanja con forma de V en suelo arenoso**



*Fig 4.2 Zanja paralela en suelo con piedras*

### **4.3 Procedimientos de Descenso**

Si la tubería se ha montado a un lado de la zanja, las secciones deberán bajarse e introducirse en la zanja.



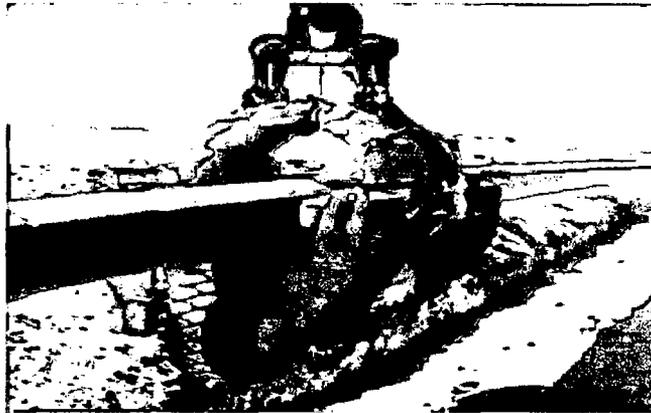
**Fig 4.3 Las secciones de tubería de fibra de vidrio de pequeño diámetro pueden introducirse en la zanja de forma manual utilizando cuerdas o eslingas o con la ayuda de dispositivos de descenso ligero. Las tuberías con diámetros superiores requieren equipos más**

#### **Pesados para su Descenso.**

Deberán tenerse en cuenta una serie de puntos durante la introducción de la tubería en la zanja:

- El radio mínimo de curvatura permitido no deberá superarse bajo ningún concepto, ya que podrían producirse daños en la tubería;
- Durante el descenso se deberá observar que no caigan objetos ajenos a la zanja;

- El alzado de la tubería debe realizarse utilizando eslingas de nylon o equipo diseñado de forma específica para dicho propósito.



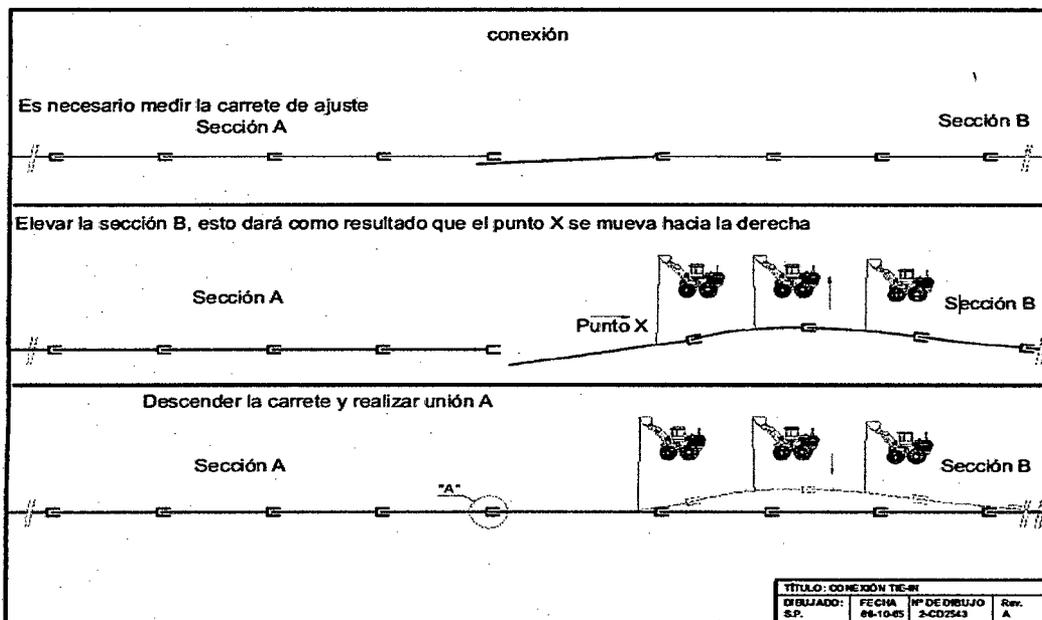
**Fig.4.4** Equipo especial de descenso



**Fig.4.4** Descenso de secciones de tuberías (cuerdas cortas)  
Utilizando 4 excavadoras con eslingas de nylon

#### **4.4. Conexión Alineada**

Si fuese necesario realizar una conexión alineada, es necesario crear suficiente espacio para permitir la inserción de la junta. El método más común es utilizar la técnica catbow, en la que la tubería se levanta alejada del punto de conexión creando espacio. En la figura 5 puede observarse un esquema del proceso.

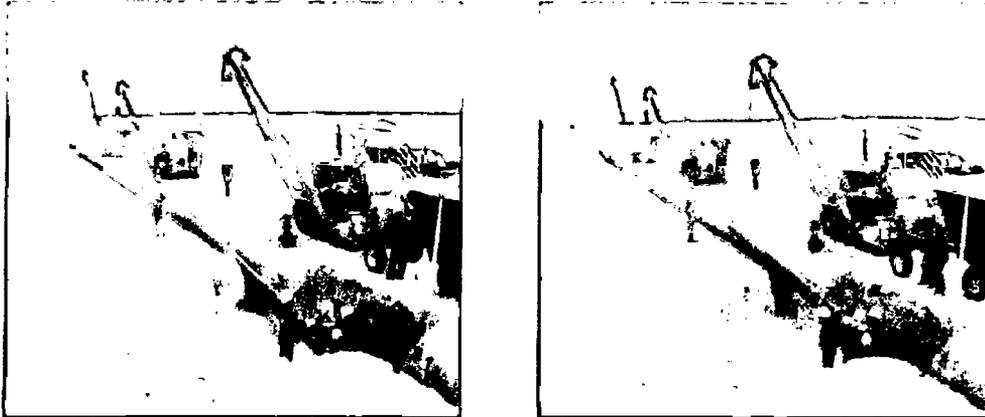


**Fig.4.5 Esquema de una Conexión Alienada**

Debido a la variación de temperaturas, una sección de una tubería en una zanja puede expandirse o contraerse. Por ejemplo: una sección de tubería de 100 metros se expande o se contrae 90 mm con variaciones de temperatura de 50°C. Si se mide una carrete de ajuste cuando la temperatura de la tubería está en el máximo y se instala cuando la temperatura es la más baja esperada podría resultar que el carrete sea demasiado corto.

La mejor manera de medir e instalar el carrete de ajuste es con condiciones de temperatura idénticas (misma hora del día, mismas condiciones meteorológicas etc.). Las juntas de conexión deben secarse directamente tras el montaje. Se deberá prestar especial atención para que la curvatura de la tubería no exceda el radio mínimo permisible en ningún punto.

Realización de una conexión mediante la técnica catbow:



**Fig.4.5 Instalaciones de la tubería ERFV mediante la técnica Carbow**



**Fig. 4.6 Uniones de tubería ERFV mediante la técnica Carbow**

#### **4.5 Bloques de Empuje (Trunions)**

En algunos casos podría ser necesario utilizar bloques de empuje (anclajes). La forma y el tamaño de los bloques de empuje deberá calcularse y depende de:

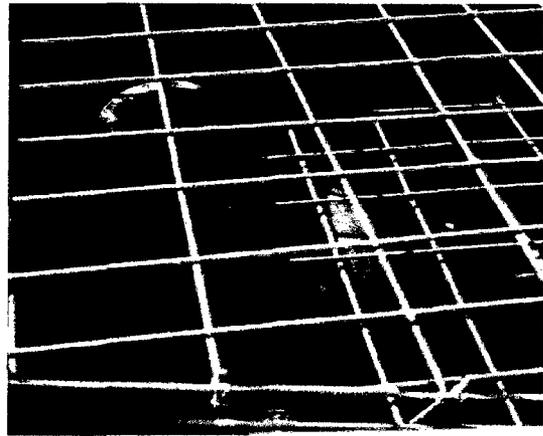
- La magnitud de la fuerza axial;
- Cambios de dirección (codos);
- Características del terreno.

Por lo general los ajustes (codo o T) son fundidos directamente en un bloque de hormigón reforzado con acero. Se deberá procurar que la tubería no resulte dañada durante la construcción de la caja de acero de refuerzo y la caja de fundición. Los bloques de anclaje pueden realizarse antes o después de practicar el prueba

hidráulica hidráulica en el sistema de tuberías. Se recomienda mantener una presión baja (por ejemplo 10 bares) durante la construcción del bloque de empuje.



*Fig.4.7 Bloque de Empuje típico*



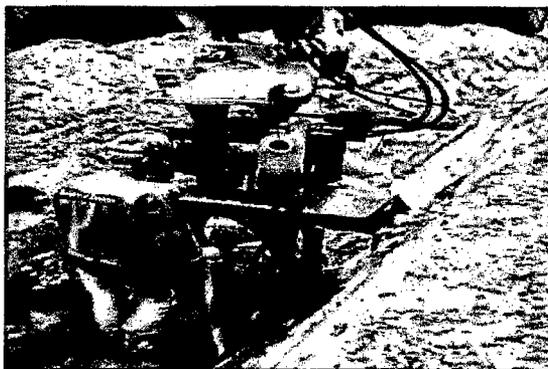
*Fig.4.8 Barras de Esfuerzo (acero de refuerzo)*

#### **4.6 Relleno y Compactación**

La tierra original con un tamaño de partículas menor de 16 mm o la arena tamizada puede utilizarse para la primera capa de relleno. Cuando la parte superior de la tubería se ha cubierto con un mínimo de 150 mm, puede utilizarse la tierra original.

Cuando se utilizan palas cargadoras payloaders para rellenar una zanja, se deberá prestar especial atención para que no se viertan grandes cantidades de material de relleno sobre las tuberías ya que podrían producirse daños en las mismas.

Es necesario realizar una compactación adecuada para que las tuberías queden correctamente protegidas. Pueden utilizarse compactadores mecánicos pero con mucha precaución para evitar que se produzca un contacto directo entre la tubería y el compactador.



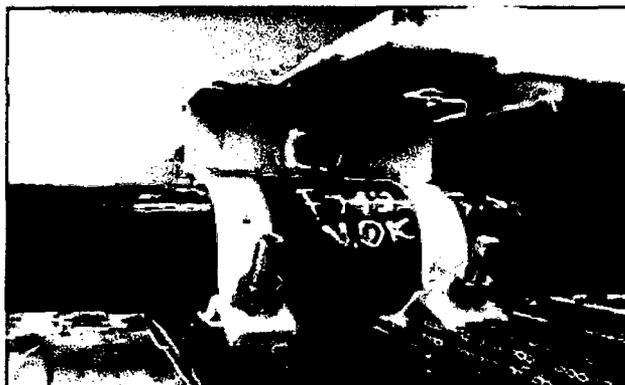
***Fig.4.7 Relleno y Compactaciòn Mecànico después que se instalaron las tuberías ERFV***

## CAPITULO V: SISTEMAS DE TUBERÍAS SUPERFICIALES

Se deberán comprobar los siguientes puntos antes de instalar las tuberías:

- Situación de los soportes;
- Tipo de soporte (anclaje, guía ó soporte deslizante);
- Envergadura del soporte.

Se deberá procurar que quede espacio suficiente entre el extremo de una unión y el soporte para que sea posible mover la tubería. El equipo alineado debería sostenerse de forma individual. Las abrazaderas de la tubería y otros materiales de soporte deberían ser suficientemente anchos y estar revestidos con goma o productos similares (evitar cargas concentradas).

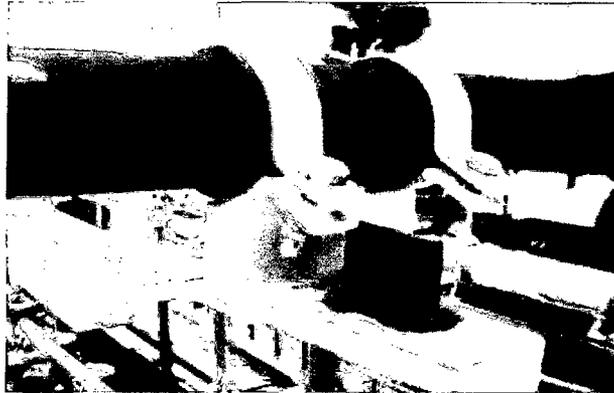


*Fig.5.1 Soporte fijo, el movimiento no es posible debido a las chavetas que hay en las abrazaderas*

No se deben apretar en exceso los pernos de las abrazaderas ya que podría dañar (romper) la pared de la tubería. Intente instalar el sistema de tuberías sólo cuando los soportes finales estén disponibles. La instalación de las tuberías mediante soportes temporales como por ejemplo cuerdas, cadenas, arena, madera etc.

Podrían causar daños en la distribución del sistema y que las conexiones posteriores al equipo no encajen de forma adecuada. La colocación de los soportes finales tras la instalación de tuberías podría causar daños en las tuberías debido a la soldadura o la manipulación.

Se deberá asegurar que el equipo pesado alineado esté soportado de forma adecuada antes de conectar el sistema de tuberías GRE.



*Fig 5.2 Soporte de Guía*

### **5.1 Reglas Básicas del Diseño del Soporte**

1. Por lo general, todas las válvulas y el equipo deben soportarse de forma separada, en las bridas;
2. Por lo general los soportes no deben colocarse bajo los adaptadores, con excepción de las bridas;
3. Se debe utilizar la máxima envergadura de soporte tal y como se indica en las hojas de datos del producto. Si fuese necesario, puede reducirse la envergadura de soporte;
4. Para largos recorridos de tuberías (> 20 metros), no coloque guías en un radio de 5 metros de un codo;
5. Las conexiones a tuberías de acero deberán estar ancladas al par de bridas o cerca del par de bridas en el lado de acero, a no ser que un análisis de tensión (stress análisis) del sistema completo (GRE y acero) lo desaconseje;
6. Los soportes tipo guía deberían ser de tipo abrazadera con un revestimiento elastomérico (goma);
7. En los soportes de tipo deslizante la tubería debería contar con un soporte de sostén a no ser que el soporte esté fijado a la tubería y se deslice en la zapata.

## **5.2 Procedimiento para Prueba Hidráulica de los Sistemas de Tuberías GRE**

### **5.2.1 Descarga**

La descarga de los sistemas de tuberías GRE debe realizarse utilizando únicamente agua. Deberá prestarse especial atención para que no se produzcan golpes de ariete, vacíos o altas velocidades de fluido. El sistema de tuberías debe limpiarse utilizando un limpiador de espuma suave.

### **5.2.2 Comprobación de la presión**

#### **5.2.2.1 General**

Tras la instalación, todos los sistemas de tuberías GRE deben comprobarse para examinar su presión. Se recomienda practicar la prueba en las secciones lo más reducidas posible. La ventaja de realizar pruebas en pequeñas secciones es que los posibles problemas que pudiese haber en el sistema se pueden detectar en una fase temprana y por lo tanto serán más sencillos de solucionar una vez detectados durante la prueba hidráulica final. Esto evita que se produzcan retrasos en el proyecto en caso de producirse problemas.

Los sistemas abiertos deben someterse a una prueba de fugas y podría ser necesario también realizar una prueba de presión completa si estuviesen sujetos a la presión del sistema.

#### **5.2.2.2 Preparación**

En todo el sistema deberá comprobarse lo siguiente antes de comenzar la prueba hidráulica:

- Todos los soportes, guías y anclajes deberán estar en su lugar antes de realizar la prueba hidráulica;
- Todos los soportes temporales y elementos auxiliares para la instalación deberán ser retirados;
- A no ser que se indique lo contrario, todas las válvulas deberán someterse a una prueba pasante;

- Todas las válvulas de comprobación deberán ser retiradas para permitir una monitorización de la presión en toda la línea;
- Todas las uniones adhesivas y laminadas deben de haberse dejado secar completamente;
- Todos los pernos de la brida deben estar apretados hasta su par de apriete correcto;
- Los sistemas de tuberías subterráneos deben rellenarse parcialmente para restringir el sistema.

Las juntas deben dejarse abiertas para su inspección.

#### **5.2.2.3 Pruebas**

El punto de llenado deberá ser el más bajo posible en el sistema de tuberías. Se deberá hacer todo lo posible para que el aire pueda salir en las zonas elevadas (por ejemplo: aflojando las conexiones de la brida.) Asegúrese de que todo el aire ha sido purgado del sistema. Pueden utilizarse limpiadores de espuma suave para sacar el aire.

La prueba de presión deberá realizarse con una presión que no exceda 1,5 veces la presión de diseño del sistema.

Durante la prueba inicial o durante la prueba de integridad de las uniones a 1,5 veces la presión de diseño, no deberá realizarse una inspección visual de las uniones.

Sólo se deberá comprobar el sistema de forma visual CUANDO la presión haya descendido 1,1 veces la presión de diseño.

Si se observasen fugas, se deberá mantener la presión de prueba y completar la inspección del sistema para comprobar si hay otras fugas. Si se detectan más fugas éstas deberán repararse y la prueba deberá repetirse.

No está permitido forzar el momento de torsión de los bridas para detener las fugas. Las conexiones de los bridas con fugas deberán despresurizarse, ajustarse con nuevas juntas y volver a someterse a la prueba.

Asegúrese de que las pruebas de presión están monitorizadas de cerca. Las tuberías de color negro GRE acumulan el calor debido a la exposición a la luz solar y esto podría dar como resultado un aumento significativo de la presión. Todos los aumentos de presión deben eliminarse de forma inmediata para evitar un exceso de presión en el sistema de tuberías.



*Fig.5.3 Bomba de prueba con motor diésel*

Cuando la prueba de presión se ha completado, saque la presión del sistema lentamente hasta llegar a presión cero.

Una despresurización rápida podría dar como resultado velocidades de fluidos elevadas en el sistema y dañar las tuberías o sus adaptadores. Asegúrese de que la despresurización se realiza desde un punto elevado para evitar que se produzcan vacíos en el sistema.

En el improbable caso de que se produjese un fallo en una junta, la energía acumulada en el sistema de tuberías durante la presurización será liberada de forma instantánea y podría causar daños graves. Todo el personal deberá

mantener una distancia de seguridad del sistema de tuberías durante la presurización y durante la prueba de presión inicial.



*Fig.5.4 Bomba pequeña accionada de forma manual para pruebas de carretes*

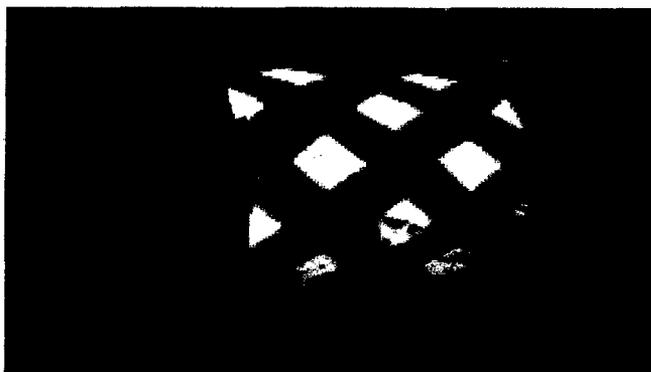
### **5.3 Limpiadores de Tuberías**

Pueden utilizarse limpiadores de espuma blanda o limpiadores flexibles para purgar el aire del sistema de tuberías.

El limpiador va empujado por el agua durante el llenado del sistema de tuberías. Normalmente se utilizan 2 limpiadores en tándem con un desemulsificante de agua en medio.



*Fig.5.6 Limpiador flexible*



*Foto 51. Limpiador de espuma blando*

#### **5.4 Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad Durante la Instalación**

Para asegurar una buena mano de obra, sólo el personal cualificado podrá trabajar en las instalaciones GRE. Se deben seguir siempre de forma estricta las guías de montaje e instalación de Bondstrand. Cuando se fabriquen pegadas se deberán seguir los pasos correspondientes en la secuencia correspondiente. Nunca ponga en peligro la calidad del trabajo.

##### **5.4.1 Seguimiento de pegadas**

Para realizar un control de calidad y un seguimiento de las uniones adhesivas, se deberá registrar la siguiente información de cada unión durante una instalación:

- Nombre o número de registro del accesorio de la tubería;
- Número de identificación de la tubería;
- Inicio/fin del proceso de secado;
- Número de manta;
- Número de lote del adhesivo;
- Temperatura de la manta de calentamiento (opcional).

##### **Número de identificación de las uniones**

El número de identificación de la unión debe ser idéntico al número de la unión en perspectiva isométrica o deberá estar expresado en una única secuencia de números.

### Número de lote del adhesivo

Debe registrarse tanto el número de lote de la resina y del producto de secado.

### 5.4.2 Posibles Defectos durante la Instalación

En la siguiente tabla indica los tipos de defectos, causas, criterios, y acciones correctivas a realizar.

**Tabla 5.1 posibles defectos Durante la Instalación**

Tipo de defecto	Causa(s)	Criterios	Método(s) NDT* recomendados	Acción correctiva
Dimensiones de carrete incorrectas	Pre-fabricación incorrecta	Si la diferencia puede compensarse en otra parte del sistema. Si la diferencia no puede compensarse.	Inspección visual	Aceptar
				Rechazar
Carretes mal alineados	Componentes mal alineados, p.ej las bridas	Si la alineación puede compensarse en otra parte del sistema. Si la alineación errónea da como resultado sobrecarga	Inspección visual	Aceptar
				Rechazar
Junta mal alineada	Movimiento durante el secado. Tubo no afeitado correctamente. Dimensiones incorrectas	No permitido	Inspección visual	Rechazar
Restricción (exceso de adhesivo)	Se ha aplicado demasiado adhesivo	Altura máxima de la brida del adhesivo es del 5% del diámetro interior ó de 10 mm el que sea menor	Inspección visual	Si fuese accesible retirar el exceso triturando cuidadosamente
Impacto, desgaste o daño por abrasión	Transporte o manipulación incorrecta	Según ISO 14692 Anexo A, tabla A1	Inspección visual	Sustituir (defecto importante) o reparar (defecto menor)
Junta con fugas	Procedimiento de unión no realizado con cuidado	Ninguno permitido	Prueba hidráulica hidráulica	Rechazar

## **CAPITULO VI: BENEFICIOS Y COMPARACIÓN ENTRE LA TUBERIA ERFV Y OTROS MATERIALES**

La conducción de petróleo por medio de tuberías de acero es el método tradicional para la transportación de hidrocarburos, siendo así la industria petrolera se ve obligada a ejecutar programas de mantenimiento y reposición constantes ocasionados por la corrosión a la que se exponen estas tuberías cuando están enterradas, con el consiguiente efecto negativo sobre los costos de explotación. Estos problemas habían sido enfrentados hasta ahora con paliativos complejos, que demandaban un estricto control para así obtener un margen de eficacia que influya en el resultado operativo.

### **6.1 Beneficios de ERFV**

- La resina epoxi vinil-éster nos representa, ahorro económico por su barrera en contra a la corrosión y a la abrasión en fallas en sistemas de redes de tuberías en una industria que maneje químicos abrasivos.
- Fácil instalación por su poco peso se necesita menos mano de obra, maquinaria más liviana para la instalación (pequeñas grúas, montacargas, etc.) para el montaje de las tuberías, equipo de envío más liviano y su costo es más bajo que los materiales.
- El equipo que se emplea para la manufactura de las juntas es prácticamente de bajo costo a diferencia de usar otros materiales como los metales que se utiliza equipos con alto costo para realizar el trabajo.

### **6.2 Comparación entre uso del ERFV y otros Materiales**

Algo muy importante en escoger el material de tubería que se va a seleccionar para la instalación en una industria es el ahorro en vida útil del material a usar

ya que el costo por reparaciones hay que evitar y sobre todo cuando se trata de fluidos corrosivos como por ejemplo en una industria que maneje agua salada, soda cáustica, agua de desperdicios, cloro, ácido sulfúrico, ácidos, fosfatos, aceite, alcoholes, entre otros.

Estas son unas de las razones del porque la tubería manufacturada con resina epoxi vinil-éster reforzada con fibra de vidrio resulta ser económica:

- El interior de la pared la tubería es lisa permitiendo al diseñador en reducir el diámetro del tubo manteniendo el mismo flujo.
- Haciendo comparación teniendo el mismo diámetro de tubería entre la tubería ERFV y tubería de acero, consume menos caballaje las bombas que impulsan el fluido en las tuberías.
- El ERFV mantiene el coeficiente de rugosidad de la pared interna del tubo a diferencia de las tuberías de acero que con respecto el tiempo se va incrementando la rugosidad y con ello produce más esfuerzo la bombas o provoca cambiar las bombas por una de caballaje mayor o limpiar o reemplazar las tuberías.
- Estudios realizados señalan que la manufactura de tubería de plástico reforzado con fibra de vidrio hecho con resina epoxi vinil-éster es durable, económica a comparación de materiales metálicos tales como el acero inoxidable y aceros aleados.

### **6.3 Ventajas de las Tuberías Epoxi Fibras de Vidrio (ERFV)**

Las ventajas y los beneficios de estos sistemas de tuberías incluyen la resistencia a la corrosión y una larga vida útil así como su recuperación y reinstalación. El interior más liso y resistente a la acumulación de parafina y

carbonatos permite caudales mayores que ahorran energía, y al no ser conductivo, elimina la electrólisis sin peligro alguno. No requieren protección catódica. Por ser livianas, estas tuberías permiten una gran facilidad de manejo y rapidez de instalación: en la mayoría de los casos las tuberías pueden instalarse sin el uso de grúas y aparejos ni andamiajes especiales. Las tuberías de epoxi fibras de vidrio pesan la quinta parte del acero; este peso menor se traduce en menores costos de flete, manipuleo e instalación.

## **CAPITULO VII: USO DE LA TUBERIA ERFV EN EL LOTE X**

El uso de tuberías de acero en el lote X es el método tradicional para el transporte de hidrocarburos por lo que se ha visto obligado a ejecutar programas de mantenimiento y reposición constante debido al desgaste por corrosión las cuales puedan generar efectos negativos sobre los costos de explotación.

Así mismo los costos que genera aliviar efectos ambientales que puedan generar a partir del derrame de crudo, debido a la ruptura de tuberías a causa de la corrosión a las que se exponen.

En el Lote X se empezó a usar la tubería ERFV como plan piloto en la planta de tratamiento de crudo (PTC).

A partir de los excelentes resultados del plan piloto, su uso se extendió a zonas con alto de riesgo de impacto ambiental (por ejemplo: cercanías al mar, a la población, vegetación, cruce de ríos y carreteras, etc.)

En la actualidad la red de tuberías ERFV del lote X es de:

- 6,700 metros de tuberías 8"
- 5,817 metros de tuberías de 6"
- 4,721 metros de tuberías de 4"
- 14,806 metros de tuberías de 2"

Distribuidas en sistemas de inyección de agua salada, acueductos y oleoductos, cruces de ríos y carreteras, etc con excelentes resultados.

## RED DE TUBERIA ERFV - LOTE X

Sistema	De	A	Presión (psi)	Tubería (mts)				
				8"	6"	4"	2"	
INYECCION CENTRAL	CAPTACION	TRANSFERENCIA	300	900				
	TRANSFERENCIA	PIAS CENTRAL	800	5,800				
	PIAS CENTRAL	MC-1	3000			909		
	PIAS CENTRAL	MC-2	3000			1,170		
	PIAS CENTRAL	5-8-9 BALLENA	3000			936		
	MC-1		9029	3000				567
			9951	3000				486
			9081	3000				657
			9562	3000				243
			1041	3000				369
			920	3000				315
			2361	3000				702
			5824	3000				756
			1956	3000				909
			9407	3000				837
	MC-2		9012	3000				1,116
			2213	3000				198
			9229	3000				261
			2198	3000				558
			9057	3000				639
			1294	3000				396
			2263	3000				207
			9277	3000				441
			5769	3000				1,305
			9037	3000				1,044
		9813	3000				1,360	
		9077	3000				1,440	
INYECCION CARRIZO	PIAS CARRIZO	CUADRO TRAMPAS	1000		772			
	CUADRO TRAMPAS	MANIFOLD RS-1	1000			621		
	CUADRO TRAMPAS	MANIFOLD RS-2	1000			1,085		
ACUED ZAPOTAL	PIAS ZAPOTAL	PTO. DERIVACION A MC	2500		1,800			
OLEOD EL ALTO - 951	E.B. EL ALTO	CRUCE PANAMERICANA	800		3,245			
<b>TOTAL (pies)</b>				<b>6,700</b>	<b>5,817</b>	<b>4,721</b>	<b>14,806</b>	

MC Manifold de campo  
PIAS Planta de Inyección de Agua Salada  
EB Estación de Bombeo  
TRAMPAS Pueden ser lanzadoras o receptoras para limpieza de las tuberías con pigs  
Rs Recuperación Secundaria

## CAPITULO VIII: ANALISIS DE COSTO

La comparación de precios a analizar son el total de tuberías usadas en los tramos desde el manifold de campo hasta 22 pozos inyectoros de agua ubicados en diferentes locaciones en el lote.

### 8.1 Comparativa de Precios del uso de Tuberías de Acero y ERFV

TRAMO: Manifold de Campo hasta pozos inyectoros de agua

COSTO CON TUBERIAS DE ACERO 2"				
MATERIALES	Unid.	cantidad	Precio unitario (US\$)	Total (\$)
Tuberías	Mt	14,806	6.5	96,091
Válvulas	Und	22	600	13,200
Uniones	Und	22	50	1,100
Pinturas	mt2	4,723	2	9,447
<b>Total</b>				<b>110,391</b>

COSTO CON TUBERIAS ERFV 2"		
cantidad	Precio unitario (US\$)	Total (\$)
14,806	8.3	122,150
22	600	13,200
22	50	1,100
4,723	2	9,447
<b>Total</b>		<b>136,450</b>

TRANSPORTE E INSTALACION				
Servicio de Transporte	m3	119.98	40.0	4,799
Servicios de instalación	Mt	14,806	2.5	37,015
<b>Total</b>				<b>41,814</b>

119.98	40.0	4,799
14,806	1.7	25,170
<b>Total</b>		<b>29,969</b>

<b>Total de Inversion Tub. Acero (US\$)</b>	<b>152,205.0</b>
---	------------------

<b>Total de Inversion Tub. ERFV (US\$)</b>	<b>166,418.7</b>
--	------------------

#### Observaciones:

De los resultados de los precios unitarios de las tuberías ERFV, se puede observar que es 27% mayor que las tuberías de acero de carbono.

Los costos de transporte de instalación de las tuberías ERFV es de 32% menor que las tuberías de acero de carbono

El costo total de inversión de las tuberías ERFV es 9% mayor que las tuberías de acero de carbono.

Los costos de inversión con uso de tuberías de acero de carbono se incrementan debido a lo siguiente:

- Costos de Mantenimiento, reposición y Monitoreo de corrosión de las Tuberías de acero.
- Remediación de los impactos ambientales ocasionados por la derrámame de fluido debido a la ruptura de las tuberías a causa de la corrosión.

## **CAPITULO IX: CONCLUSIONES**

- Las tuberías de ERFV poseen un valor de resistencia a la compresión de 131 MPa logrando así soportar los esfuerzos cuándo se utilizan enterradas ó sobre la superficie.
- Las tuberías de ERFV poseen un valor bajo de conductividad térmica lo que reduce considerablemente los intercambios térmicos con el exterior evitando en muchos casos la necesidad de aislar térmicamente las tuberías con el consiguiente ahorro de mantenimiento.
- Las tuberías de ERFV pesan sólo el 12% del peso de las tuberías de acero y un 40 % menos que las tuberías de PVC, logrando rendimientos de instalación muy altos y facilidad de transporte y manipuleo.
- Las tuberías de ERFV resisten el 90 % de los productos químicos conocidos.
- Las tuberías de ERFV no necesitan ningún tipo de protección contra la corrosión ni interna ni externamente, logrando una vida útil de 12 años en condiciones de extrema corrosión.
- La superficie interior lisa de las tuberías de ERFV garantiza el mantenimiento del flujo máximo y reduce sustancialmente la posibilidad de incrustaciones.
- Los rangos de operación de la tubería de ERFV son similares a los de la tubería de acero.
- Las tuberías de ERFV se comercializan en largos estándar de 9 m y otros bajo pedido, al igual que las de acero.
- El costo por metro de instalación de tubería de fibra de vidrio es 32 % menor al de las tuberías de acero y 4 % menos que las tuberías de PVC.

## CAPITULO X: ANEXOS

### **9.1 Perforación con Coiled Tubing y entubación de Casing de Epoxi reforzado con fibra de vidrio (ERFV)**

La explotación de campos maduros demanda una visión integradora respecto a la planificación, ejecución y evaluación del desarrollo global de construcción de un pozo. El personal de estudio de YPF estudió el desarrollo del yacimiento Desfiladero Bayo Este (DBE) y planteó la necesidad de perforar 40 pozos petroleros, 20 inyectores y 20 productores. El inconveniente que se presentó inicialmente fue la falta de equipos y personal para llevar adelante este proyecto, motivo por el cual YPF se decidió invitar a algunas compañías para que propongan la mejor manera de llevar adelante este proyecto y que éstas preferentemente traigan equipos de perforación y terminación a nuestra operación.

Debido a la gran cantidad de pozos inyectores muy atacados por la corrosión se había decidido entubar todos los pozos inyectores con tubería de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio (ERFV) lo que sería una innovación en el uso de nuevos materiales.

San Antonio Pride propone utilizar, para la gestión integral de construcción de pozos, equipamiento propio sin necesidad de utilizar los equipos de perforación y workover de la operación normal de la gestión de YPF.

La ventaja de elegir la propuesta de San Antonio Pride es permitir a YPF disponer de sus equipos de perforación y terminación para la ejecución de otros proyectos. La posibilidad de trabajar en forma integrada con Repsol YPF es un verdadero desafío para San Antonio Pride, ya que permitiría aplicar las lecciones aprendidas de proyectos tales como Drill 22, Señal Picada y el Drill 600 en Comodoro Rivadavia.

YPF valorizó principalmente la experiencia del proyecto de Señal Picada puesto que allí se usó por primera vez el equipo de Coiled Tubing Drilling para la perforación de pozos y se entubaron pozos con ERFV.

La dificultad de disponibilidad de equipos de perforación y terminación obliga a encontrar soluciones innovadoras que permitan perforar y completar pozos aplicando altos estándares operativos de Medio Ambiente, Seguridad y Calidad.

Después de analizar la propuesta de San Antonio Pride y de hacer un estudio mejor de las necesidades del desarrollo del yacimiento, se plantea cambiar la distribución de pozos inyectores y productores a:

- Perforación de la fase 12 1/4" con el equipo de perforación Venver E-51 (inicialmente se comenzará con el equipo de perforación PI 355, ventana abierta en el contrato original de Pride con YPF y cedido a San Antonio por 13 semanas).
- Perforación de la fase 7 7/8" - 8 1/2" con el equipo de perforación San Antonio Pride CTD-02. Terminación y bajada de instalación final bajo la metodología Rig Less y equipo de pulling.

**Tabla 9.1 Distribución de pozos Inyectores y Productores**

	Guías a 250 m/Prof. Final 750 m
<b>Pozos Inyectores</b>	<p>25 pozos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfora 12 1/4" – 8 1/2"</li> <li>• Entuba cañería de acero 9 5/8" y cañería de ERFV 5 1/2".</li> <li>• 1 zona punzada/ensayada</li> <li>• Definición de estimular hidráulicamente.</li> <li>• Baja tubing de producción.</li> </ul>
<b>Pozos Productores</b>	<p>15 pozos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfora 12 1/4" – 7 7/8"</li> <li>• Entuba cañería de acero 9 5/8" y 5 1/2"</li> <li>• 1 zona a estimular hidráulicamente.</li> <li>• Bajar PSP/bombeo mecánico.</li> </ul>

#### **Ventajas competitivas del servicio llave en mano en este proyecto**

- Incorporación de tecnología y seguridad en el equipamiento ofrecido. Tanto el E-51 como el CTD-02 cuentan con equipos hidráulicos de izaje y perforación, reduciendo la exposición del personal a trabajos en boca de pozo.
- Reducción de tiempos en la terminación de pozos, por la aplicación de la modalidad Rig Less. Proyectos similares, tales como Puesto Hernández, Medanito y otros, han demostrado la efectividad de esta metodología, de la cual San Antonio Pride es pionera.
- Reducir el tamaño de las locaciones a construir, con la consiguiente disminución del impacto ambiental y económico.
- Aplicación de herramientas de gestión. Experiencia en proyectos similares permitieron desarrollar herramientas propias y una organización preparada para la gestión de este tipo de proyectos.

### Necesidades Operativas

- El equipamiento de perforación ofrecido por San Antonio Pride requiere que el casing a proveer por Repsol YPF sea Rango II.
- La continuidad fluida de las operaciones dependerá de la disponibilidad de ocasiones para iniciar la perforación de la fase 12 1/4".
- Para evitar esperas innecesarias de equipamiento CTD, es aconsejable contar con locaciones disponibles para el inicio del proyecto. (Por lo menos 10 guías realizadas antes de comenzar la perforación de la sección de producción).

### Etapa de perforación

En la siguiente figura N° 9.1 se menciona las etapas de la perforación

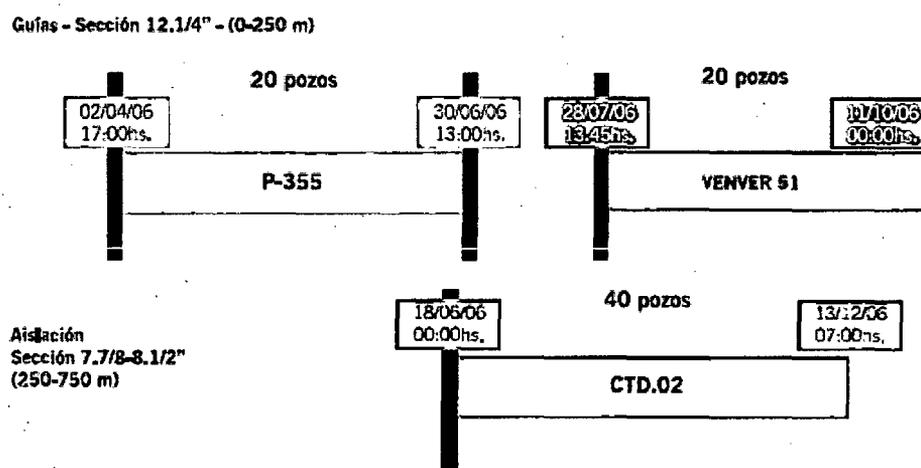


Figura 1. Etapa de Perforación

Como se indicó anteriormente, este trabajo se realizó con dos equipos, el Pride 355 y el Vénver E-51. En la figura 9.2 se muestra un mapa de la distribución de los pozos en los que se mapea la zona de pérdida, la zona de basalto en superficie, y pozos perforados del yacimiento.

En la figura 9.3 se muestra el desempeño del equipo PI 355 para la perforación de las guías.

Es importante recalcar que la comparación con el desempeño de YPF no es la más adecuada puesto que el equipo PI-355 fue aliviado bastante para este tipo de trabajo ya que sólo hizo las guías. En la operación de YPF se movía para hacer los pozos completos.

La figura 4 muestra el desempeño logrado por el equipo Vénver E-51 en lo que sobresale el mayor espesor de basalto que tuvo que atravesar, lo cual implicó menor desempeño respecto al PI-355 en cuanto a lo programado, y obviamente un equipo

automático le saca ventaja a uno convencional en lo que es desmontaje, traslado y montaje.

Finalmente, la figura 5 muestra, en diagrama de tortas, el resumen de las cuarenta guías perforadas divididas por la presencia de basalto en superficie y por haber tenido pérdidas de circulación.

En el desempeño final de la perforación de las guías se aprecia que el equipo Pride 355, aliviado en sus cargas, hizo un promedio de 6,6 guías por mes y el equipo Venver 51 consiguió perforar un promedio de 7,8 guías por mes.

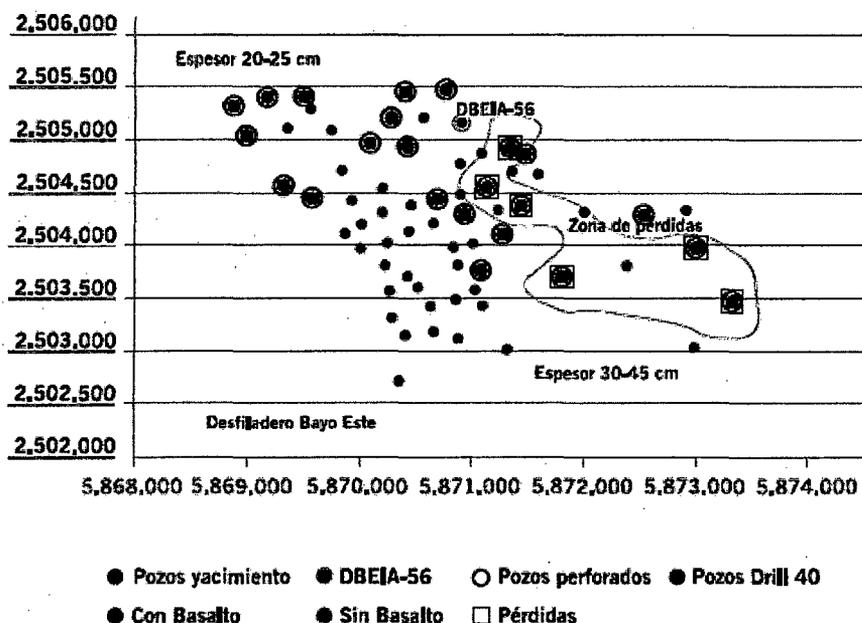


Figura 2. Mapa guías - Drill 40 PI-355/ VENER 51

### Sección de la Cañería de Aislación

Esta sección se perforó con el equipo de Coiled Tubing Drilling CTD-02 de la compañía San Antonio Pride (véase la figura 6). Los pozos productores que se entubaron con cañería de acero J-55 de 14 Lb/pie fueron perforados con trépanos de 7 7/8" de diámetro, y los pozos inyectores, que fueron entubados con cañería de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio, fueron perforados con trépanos de 8 1/2" de diámetro.

Esto no tiene precedente a nivel mundial; fue la primera vez que se perfora con ese diámetro de trépano con un coiled tubing de 2 7/8" de diámetro. Para ello se hizo necesario cambiar y reforzar el sistema de conector de pines que hace falta para roscar el BHA (Boton Hole Assambly - Herramienta de fondo) con el Coiled Tubing.

Antes de continuar con lo que fue la operación propiamente dicha, debemos hacer un paréntesis para pasar a describir el equipo de Coiled Tubing Drilling puesto que es una

tecnología relativamente nueva en el país y con la cual no se han hecho tantos pozos en un solo proyecto.

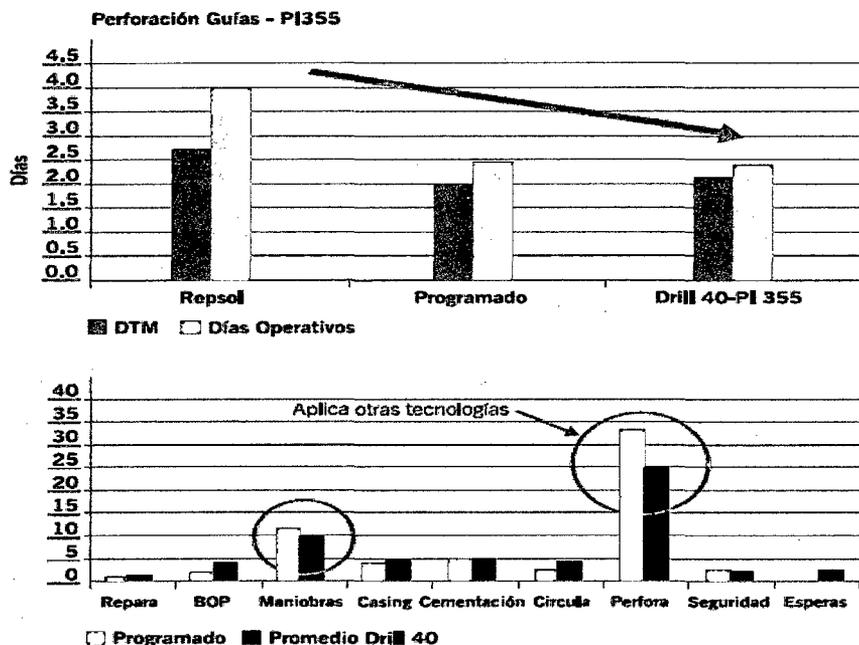
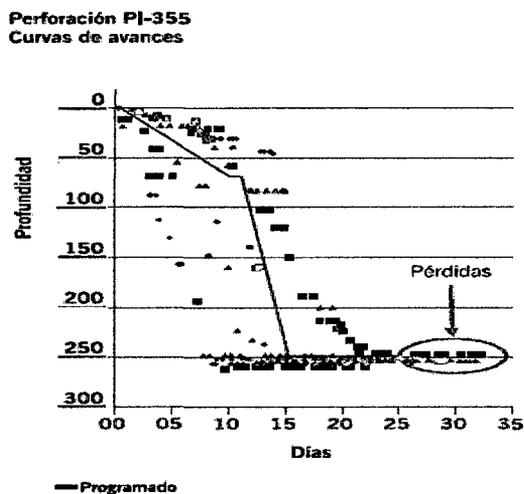


Figura 3.



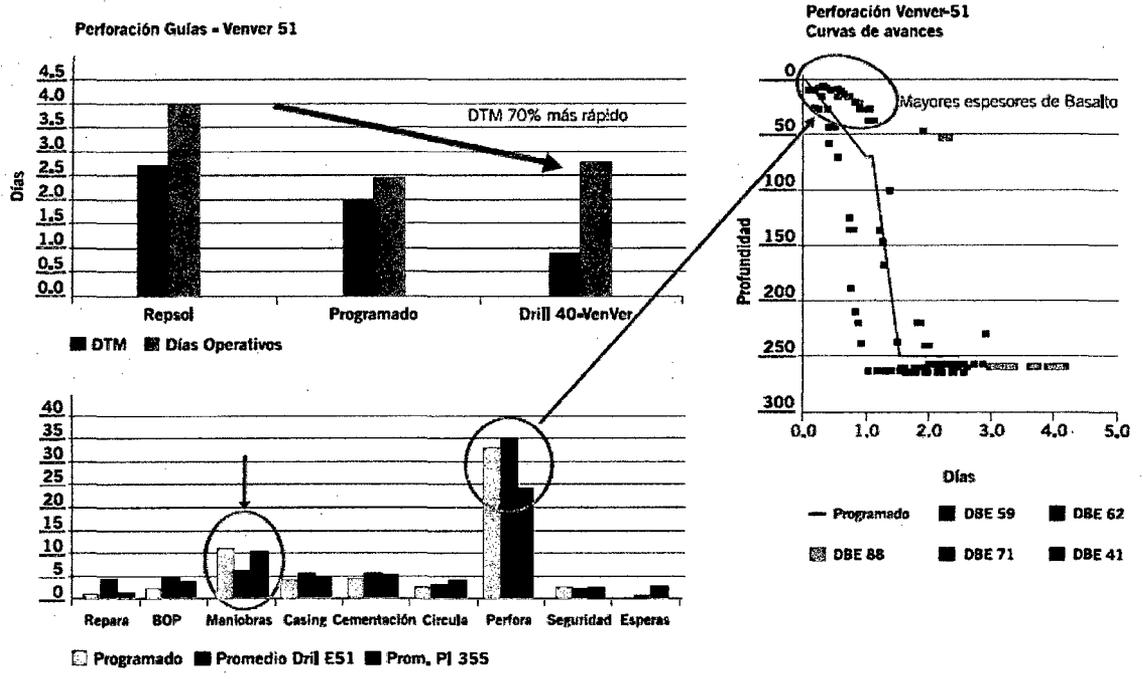
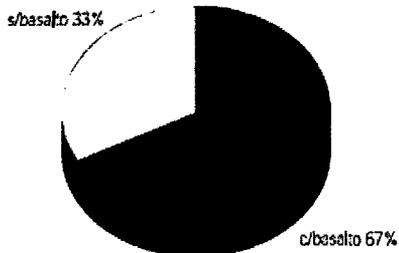


Figura 4

40 guías perforadas

Guías (Presencia Basalto)



PI-355  
Realizó promedio  
6.6 guías/mes

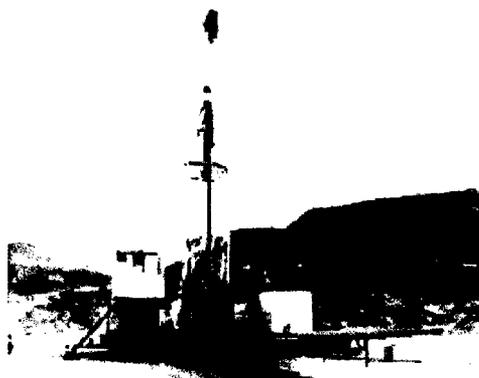
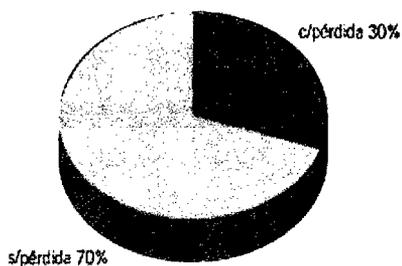


Figura 6. Equipo Coiled Tubing Drilling – 02 (CTD -02).

Guías (Presencia Pérdidas Circulación)



Venver-51  
Realizó promedio  
7.8 guías/mes

Figura 5

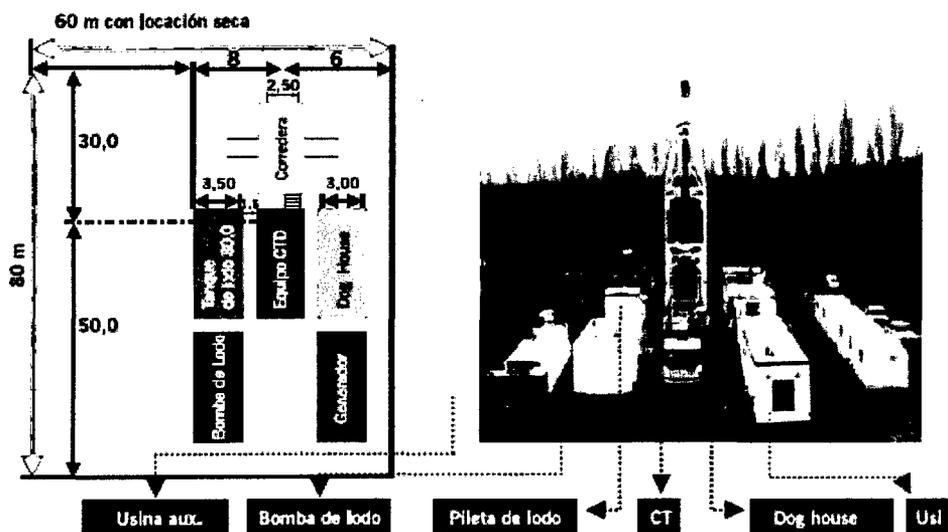


Figura 7. Layout de la locación para el equipo CTD 02.

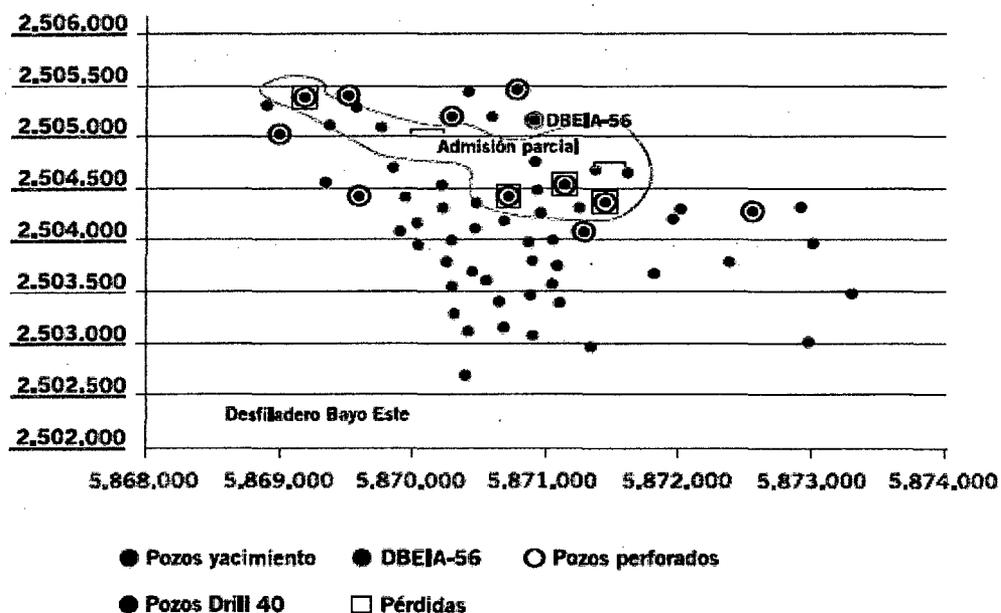


Figura 8. Mapa aislamiento, DRILL 40, CTD 02

#### Mástil

- Capacidad: 100.000 Lbs
- Capacidad de tiro (Pulling): 80.000 Lbs Altura: 19 m
- Longitud máxima de cañería a entubar: 12 m

#### Inyector

- Rueda Inyectora = diámetro de coiled tubing 2 7/8" y 3 1/2"
- Capacidad de tiro (Pulling): 60.000 lbs

#### Fuerza motriz

- Motor Diesel 250 HP

#### Trailer usina

- Generador: 344 KVA 413 AMP
- Fuerza Motriz: Motor 415 HP
- Acumulador BOP (Blowout Preventor – Preventor de Reventones)

#### Bomba de lodo

- Triplex BPMMP F-1000 (China)
- Fuerza Motriz: Motor Caterpillar

#### Pileta de lodo

- Trip Tank (Tanque para maniobra): 3m<sup>3</sup>
- Tanque Succión: 18 m<sup>3</sup>
- Tanque Decantador: 16 m<sup>3</sup>
- Casilla del Choke Manifold

**Características del Coiled Tubing**

Diámetro Exterior (pulg)	Espesor de pared (pulg)	Peso (lb/pie)	Carga Longitudinal de Fluencia (lbs)	Presión Interna de Fluencia (psi)	Presión de Colapso (psi)	Fluencia Torsional (lbs-pie)
2 7/8	0,188	5,395	111.090	8.910	7.560	6.744

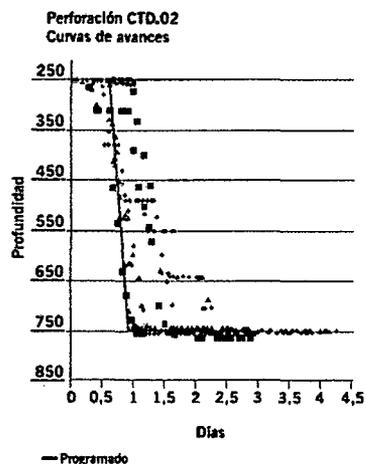
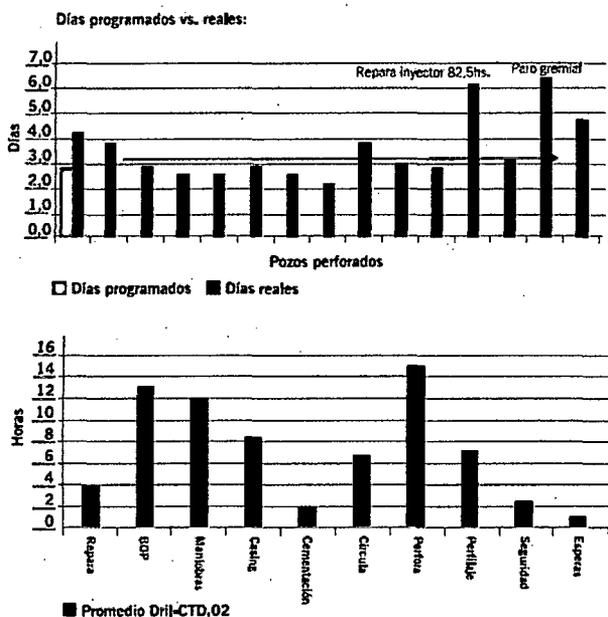


Figura 9. Tramo aislación con trépano 7 7/8"

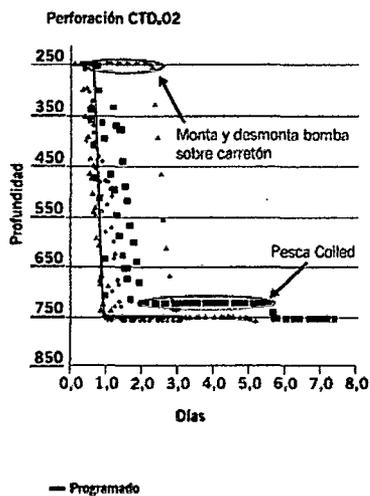
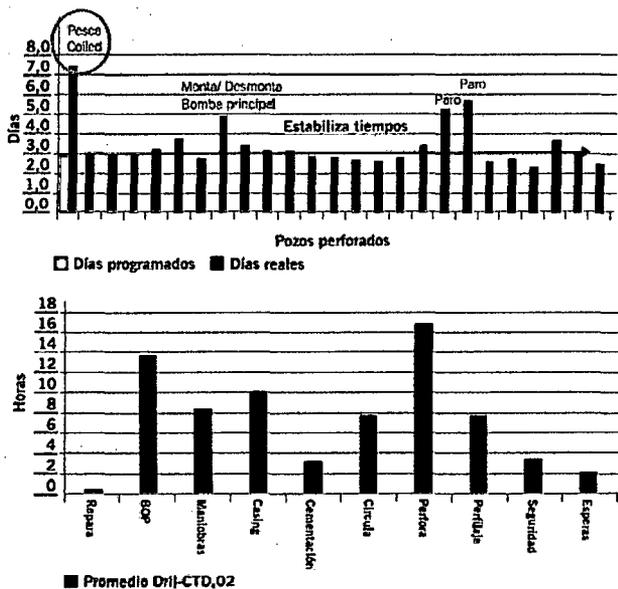


Figura 10. Tramo aislación con trépano 8 1/2".

### ZARANDA Swaco ALS II Cabina de operaciones

- Comandos Control Remoto del Equipo
- Sistema de Aire Comprimido
- Tanques de Combustible y Agua

### Adquisición de datos

- Monitoreo de parámetros de perforación
- Transmisión de datos en forma inalámbrica

### Coiled tubing

- Diámetro exterior 2 7/8" (QT-700), opción de CT 3 1/2". Ver tabla de características del Coiled Tubing (pág. 87).

### Perforación del tramo 7 1/8" - 8 1/2"

En las figuras 8, 9, 10 y 11 se describen las operaciones de la perforación del tramo de 7 7/8" - 8 1/2".

### Resultados finales

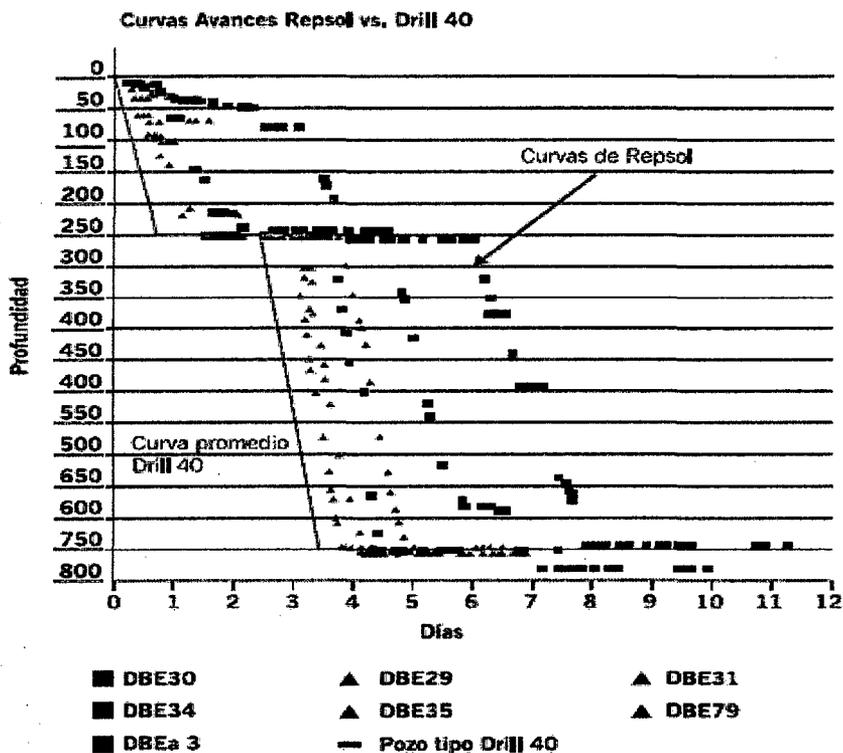


Figura 13.

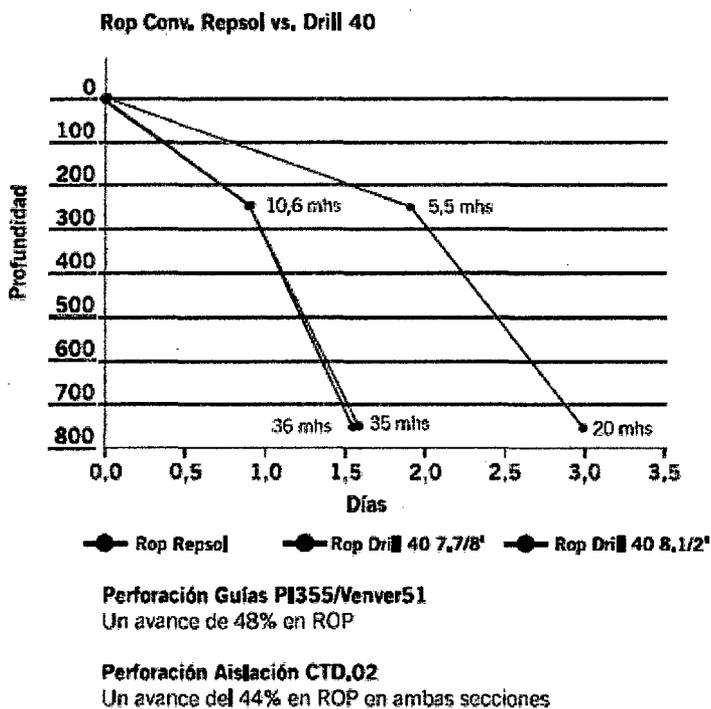


Figura 14.

**Resultados del desempeño de los trépanos**

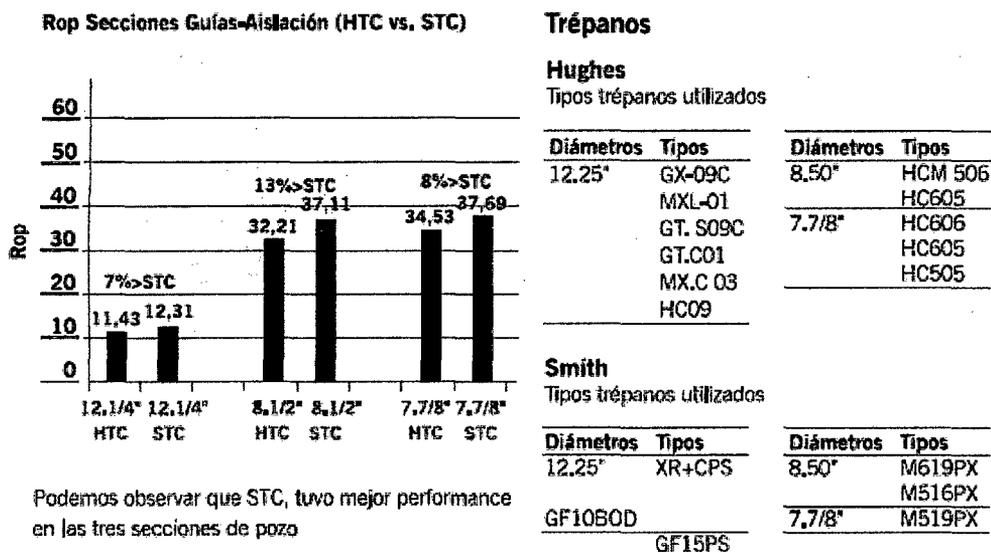


Figura 15. Resultados del desempeño de los trépanos

### **Fluidos de perforación**

- *Sección 12 1/4" (agua bentonita) (fig.15)* En esta sección se optimizaron los volúmenes a generar, principalmente en los pozos con pérdidas totales. Se perforaron las secciones de basalto fracturado hasta atravesarlo con volúmenes de agua y baches de agua bentonita con obturante. En el caso de los pozos sin basalto se utilizaban los volúmenes recuperados con el objeto de disminuir los tiempos de preparación, y sólo se le realizaban diluciones para los tramos arcillosos, como también la disminución de costos de elaboración.

- *Sección 7 7/8" – 8 1/2" (emulsión inversa – Inverfast) (figura 17)* En esta sección se optimizaron los volúmenes utilizando reciclado de emulsión inversa de pozo a pozo.

Para este reciclado se utilizaron tanques auto transportables propios, permitiendo una misma calidad de inversa, sin variaciones en los valores reológicos por contaminación de agua y/o sólidos. Con respecto a la inhibición del sistema, ésta fue óptima. Nota: En las secciones de 7.7/8" y 8.1/2" se tuvieron 4 setup en las operaciones de perfil, donde éstos se eliminaron para el resto de los pozos cambiando la relación A/O de 70/30 a 60/40. Los problemas se optimizaron con el aumento de los valores reológicos. Algunos datos del Sistema Inverfast (véase la figura 19)

### **Calibre del pozo perforado**

(Véase la figura 20)

Tanto para los trépanos de 7 7/8" como para los trépanos de 8 1/2" se observa un diámetro 2,5% mayor que el diámetro nominal del trépano lo que es un valor excelente.

### **Verticalidad de los pozos**

(Véase la figura 21)

Siempre está la duda de que al perforarse con tubería continua, la cual viene enrollada en una bobina circular, la verticalidad de los pozos no sea la deseada. Es así que para tener un control de ello se realizaron registros de verticalidad tanto con totco como con el sistema teledrift.

### **Cementación**

La cementación se realiza con este equipo de manera convencional. Requieren otras herramientas las cañerías de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio, cuyo material, al tener una densidad bastante menor a la del cemento, tiende a flotar, es por esto que las cañerías deben ser fijadas al fondo del pozo con un dispositivo llamado "Ancla de Pozo Abierto" desarrollado por la compañía Smith – Reutman para este trabajo.

Nuevamente los autores ven conveniente hacer otro paréntesis en la descripción de las operaciones y gerenciamiento de este proyecto para describir la otra innovación dentro de éste y es la descripción de las cañerías de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio.

### **Fibra de vidrio**

La fibra de vidrio (del inglés *Fiber Glass*) es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinerette) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

### **Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio (ERFV)**

Es un material compuesto, constituido por una estructura resistente de fibra de vidrio y resinas fenólicas que actúa como aglomerante de éstas. El refuerzo de fibra de vidrio provee al compuesto de resistencia mecánica, estabilidad dimensional y resistencia al calor. La resina fenólica aporta resistencia química dieléctrica y comportamiento a la intemperie.

Para el caso de nuestro estudio, las resinas usadas en la fabricación de las cañerías son las fenólicas, de las cuales se usan tres sistemas de resinas epóxicas con diferentes limitaciones de temperaturas.

- HP Anhídridos 180°F (82°C)
- Amina Aromática 200°F (93°C)
- HP Amina Aromática 300°F (149°C)
- Maximum

Del tipo de resina seleccionado depende la resistencia al ataque de fluidos con los que estará durante la vida útil de su aplicación. En general la resina HP Anhídrido es resistente a fluidos con PH entre 2 y 9, es decir que resiste al petróleo, al metano, al ácido sulfhídrico y otros fluidos comunes en la industria petrolera con limitación de la temperatura. Las aminas aromáticas son más resistentes, aumenta su rango de resistencia al PH (a 12) y tienen muy buena resistencia al CO<sub>2</sub> tomando en cuenta siempre las limitaciones de temperatura.

Las aplicaciones principales en la industria del petróleo son:

- Pozos petroleros productores.
- Pozos petroleros inyectoros.
- Pozos de inyección profunda (Disposal).

- Pozos de disposal de químicos.
- Pozos de inyección de aguas no tratadas.
- Pozos petroleros de monitoreo.
- Reentubación de pozos con cañería de acero corroídas.

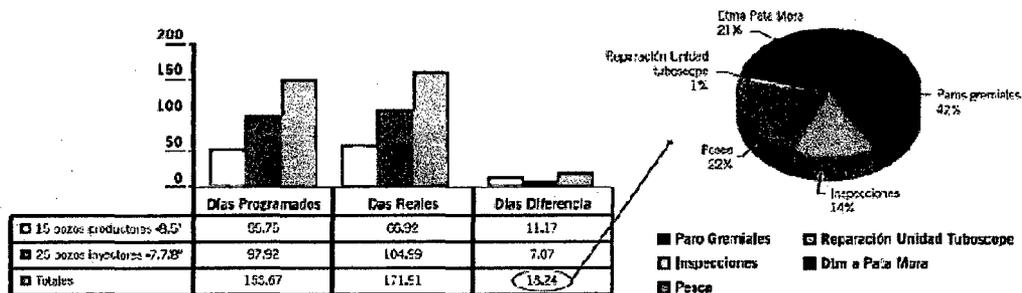


Figura 11. Tiempos programados vs. Tiempos reales

Pozo tipo: Guía 0-250 m, Aislación 250-750 m

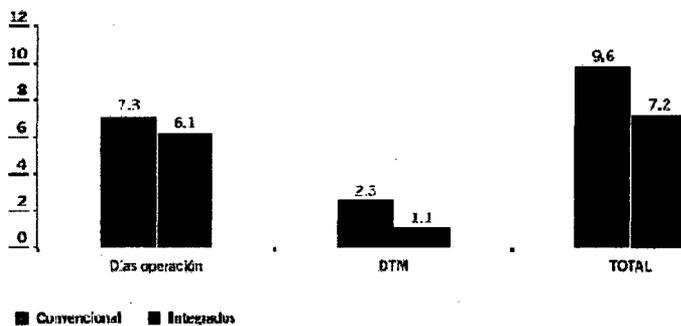


Figura 12. Total días operación convencional vs. integrados

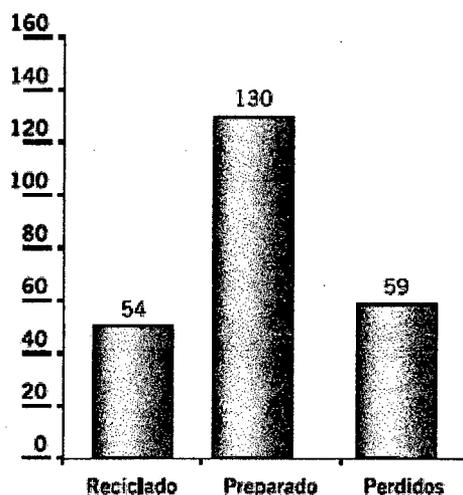
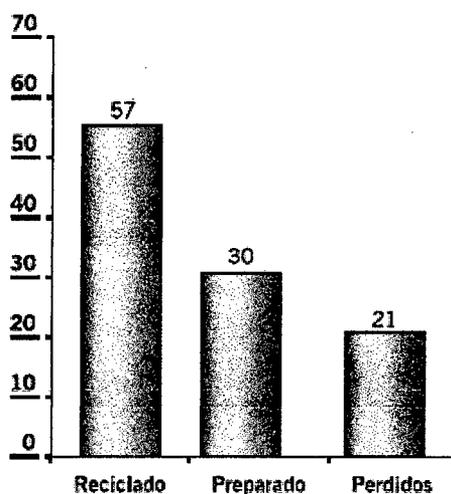


Figura 16. Volumen Gufa 12.25" (0-250 m)



### Las Cañerías

cañerías de ERFV están disponibles en seis diámetros básicos desde 4 1/2" a 10 3/4". Son manufacturadas con finos filamentos de alta calidad para producir cañerías de la más alta calidad encontrada. El sistema de calidad está certificado por la norma ISO 9001 y cumple con las especificaciones API Q1. Están construidas con la rosca premium de 4 hilos por pulgadas, dando un mejor roscado, más fácil de terquearlas y minimiza posibles problemas de cruce de roscas durante el roscado y torqueado. Están disponibles también algunos diámetros con rosca API LTC 8RD. El uso de un O-Ring en la rosca da un sello que soporta mayor presión; además, el uso de una grasa lubricante evita pérdidas. La superficie exterior de la cañería da excelente adherencia del cemento durante la cementación, cumpliendo con los requerimientos

medioambientales de aislación de capas, especialmente las acuíferas superficiales.

Las ventajas son:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- No conduce la electricidad.
- Capacidad para soportar altas temperaturas.
- Posibilidad de uso de packers y herramientas convencionales.
- Punzados (baleos) no lo deforman. • Bajos costos de instalación.
- Resistente a bacterias –resistente a SRB's (Bacterias Sulfato Reductoras)–.
- Baja escala de deformación.
- Bajo peso.

#### Datos técnicos

- Presión de Reventamiento: Presión de Operación x 1,25
- Elasticidad del Módulo Axial: 1,85 x 106 PSI (1,27 x 104 MPa)
- Elasticidad del Módulo de Hooke: 3,00 x 106 PSI (2,05 x 104 MPa)
- Densidad: 0.07 lbs/in<sup>3</sup> (Sp. Gr. = 1,95)
- Coeficiente de Expansión Térmica: 1,0 x 10<sup>-5</sup> in/in/°F (1,8 x 10<sup>-5</sup> m/m/°C)
- Factor de Flujo Hazen-Williams: 150
- Poissons Ratio (Hooke Tensile): .60
- Poissons Ratio (Axial Tensile): .45

#### • Evaluación técnica del comportamiento del casing de ERFV

Uno de los interrogantes planteados eran las herramientas a usar en este tipo de casing y el grado de afectación que éstas producirían en la superficie interior y estructura general de la pared del casing.

#### • Ensayo de Herramientas (packers)

Se fijó un packer en una cañería de ERFV y luego se la sometió a diferentes esfuerzos, tanto de tensión como de peso, en la siguiente secuencia, tanto para cañerías "libres" (sin cemento o no cementadas), como para cañería cementada, así se prueba la adherencia del cemento.

En el exterior de los casing ensayados se encontraban delimitadas mediante marcador indeleble blanco zonas identificadas como:

En el casing libre

- I Tensión 15.000 lb
- II Tensión 30.000 lb / peso 20.000 lb
- III Tensión 6.000 lb

- IV Tensión 6.000 lb / presión 1.000 psi

En el casing cementado, estas marcas estaban en la parte metálica que se extrajo, por lo que antes de esa operación se midieron las posiciones de las zonas marcadas para transferirlas a la pieza plástica una vez liberada del cemento.

En esta pieza únicamente se hallaban identificadas las zonas I, II y III (con valores coincidentes a la anterior).

En la figura 23 vemos las impresas que aparecen en el interior de los casing. En ambas piezas las improntas tienen una distribución similar, sólo que en la libre, al haber cuatro zonas, parte de las marcas de las zonas III y IV se han superpuesto. Las impresas se encuentran en grupos de 8 rayas, y corresponden dos de estos grupos sucesivos a cada prueba.

Al observar detenidamente las improntas en los casing, se puede apreciar lo siguiente:

- La zona de improntas más visiblemente marcada es la zona II en ambos casos (Tensión 30.000 lb y 20.000 lb de peso). Le siguen en intensidad la zona I y la zona III.
- La apariencia es muy similar en ambas piezas; la intensidad de las marcas parece estar más influida por la carga aplicada que por el hecho de que estén cementadas o no.
- En el casing libre, las zonas III y IV (que están levemente superpuestas) presentan el mismo aspecto, es decir que la presión aplicada de 1000 psi en la zona IV no provocó efectos adicionales a las cargas de 6.000 lb que ambas zonas presentan.
- En general y desde un punto de vista cualitativo, el daño que las herramientas provocan es muy pequeño con el espesor del casing de ERFV.

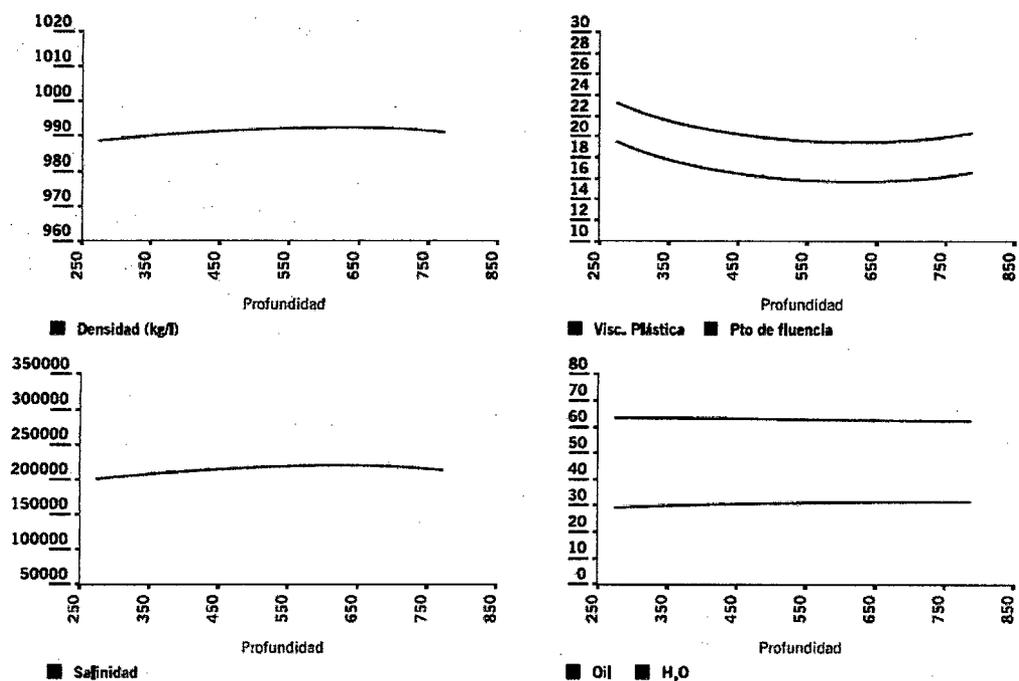


Figura 19. Algunos datos del Sistema Inverlast

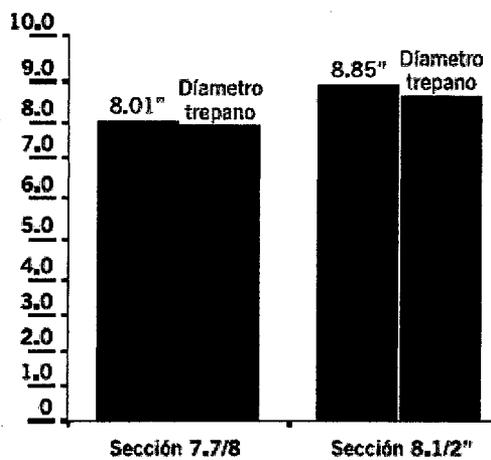


Figura 20. Caliper Secciones 7.7/8" - 8.1/2" Drill 40

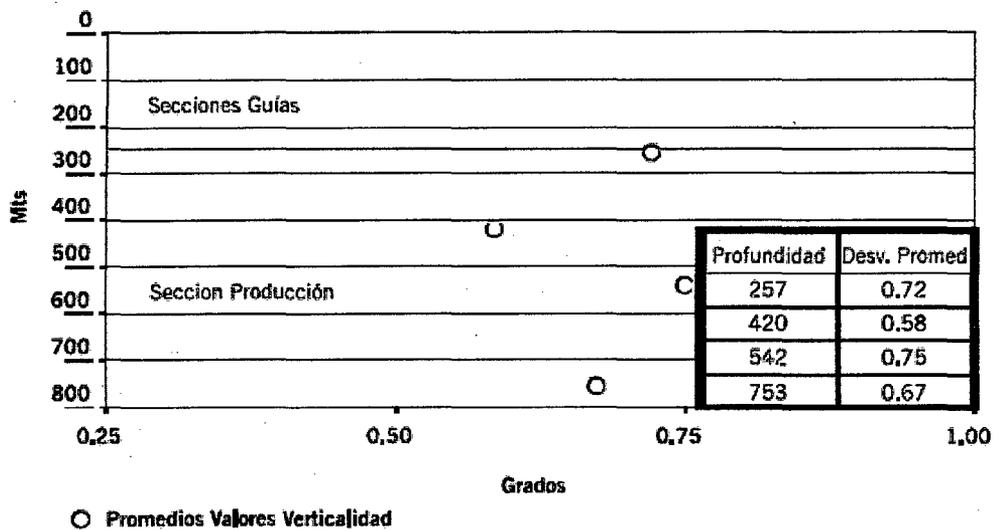


Figura 21. Promedio valores de verticalidad tomados con Totco (PI.355-Venver 51) / Teledrift (CTD.02)

#### • Conclusiones de la prueba

En forma cualitativa se puede indicar que el daño aparece como mucho menor que lo que uno esperaría encontrar por parte de mordazas preparadas para trabajar sobre casing metálicos. Se puede indicar también que el aspecto del daño es prácticamente idéntico en el casing libre que en el que trabajó cementado, es decir que la rigidez adicional que impone el cementado no afecta a las improntas.

En forma cuantitativa se puede indicar que la dureza superficial del casing (interna) no se afecta en absoluto por la acción de las mordazas, ni siquiera en la zona próxima inmediata a las improntas, es decir que no se debe esperar una alteración de la resistencia del casing por este motivo.

Tampoco hay evidencia que haya influido la presión que se aplicó adicionalmente en una de las pruebas; además, como consecuencia de los cálculos realizados, puede inferirse que la afectación del casing por las mordazas que se obtuvo en esta prueba es muy representativa de lo que puede esperarse en uso en el campo, y que aun cuando las cargas se aumentaran no es esperable un daño mayor que el observado.

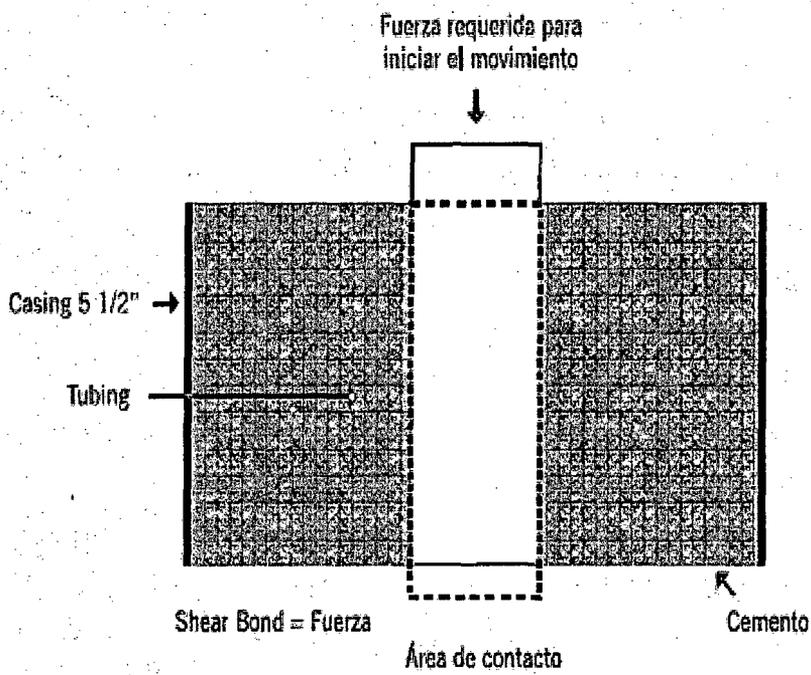
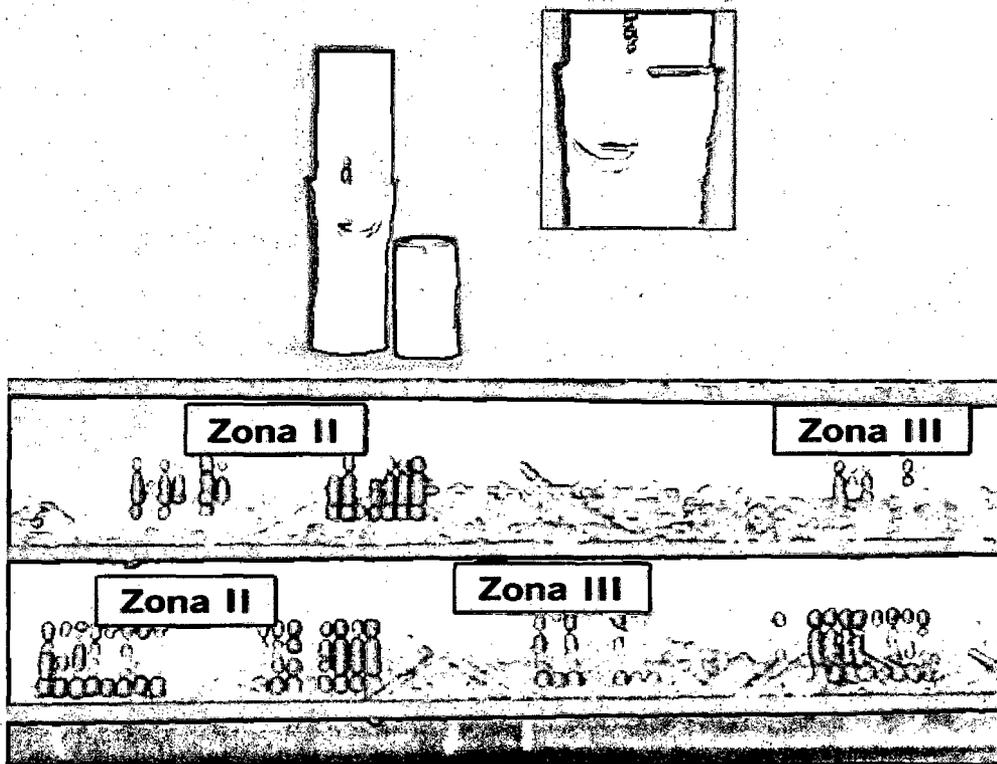


Figura 24. Prueba de adherencia del cemento

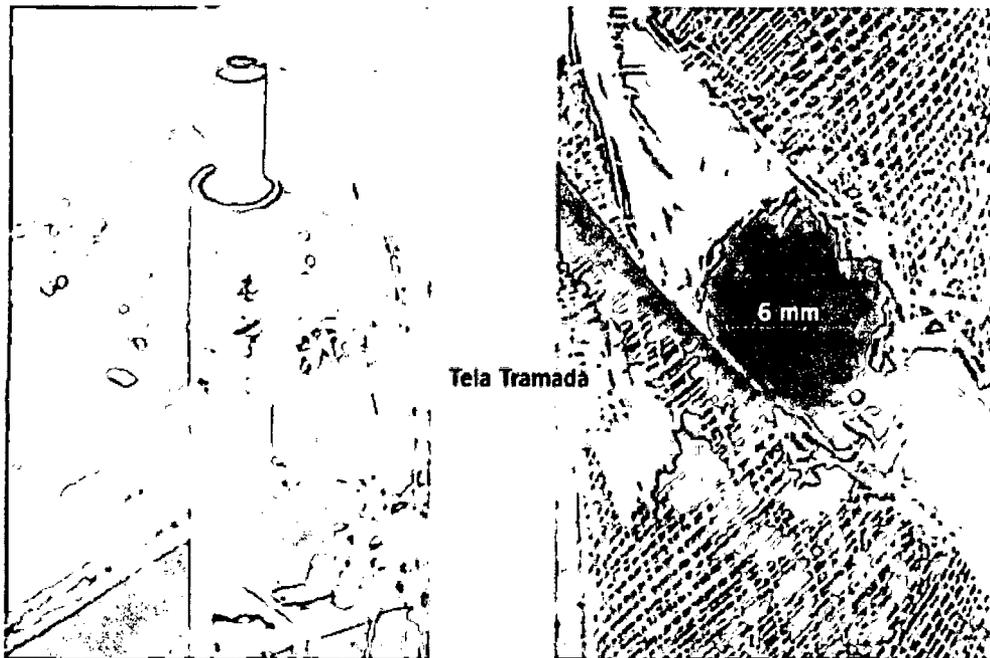


Figura 25. Prueba de punzado

- **Prueba de adherencia del cemento**

(Véase la figura 24)

Lechada de cemento "G" + 0,8% FC 22 + 0,3% DC 1520 + 1,5% Cl<sub>2</sub>Ca + 4% Látex líquido + 42% agua (D= 1870 gr./l) Tubing de 2 7/8" de ERFV: 3.490 kg (205 psi)

Tubing de 2 7/8" de acero: 4.900 kg (304 psi)

Casing de 2 7/8" de ERFV: 8.350 kg (501 psi)

- **Prueba de punzado**

(Véase la figura 25)

Otra duda que había era cómo quedaría el punzado en este material, así que se realizaron las pruebas, pero éstas dieron como resultado perforaciones perfectas y sin inconvenientes.

Cañón de 4" 4 TPP 22 g.

Cañón de 4" 6 TPP 32 g. (alta penetración)

Volviendo a la cementación, en la tabla de abajo se observa un resumen de estas operaciones.

- **Cronograma de terminación de pozos**

(Véase la figura 27)

- **Comentarios de optimización de tiempos de operación Equipo PI-279**

- **Pozos productores**

Calibración de pozos con equipos de Wire-Line, previo al montaje del equipo (2 operaciones por día).

- **Pozos inyectoros**

Calibración ídem anterior. Estimulaciones posteriores al desmontaje del equipo. Por ejemplo: realización de ácidos sin el equipo. Rig Less

- **Pozos inyectoros**

Calibración anterior al montaje del equipamiento. Operaciones de Perfilaje, Punzado, Prueba de Admisión, Estimulación (una capa) bajo esta modalidad, eliminando el costo del equipo de Terminación convencional.

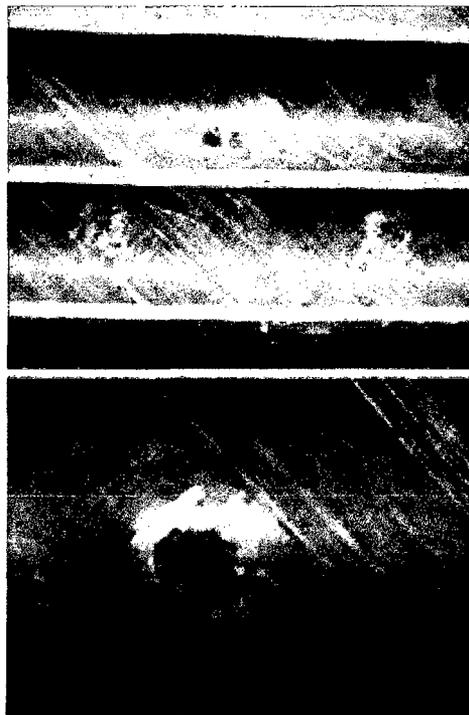


Figura 26.

## Operaciones de terminación

	PI-281/KEY-14	RIG LESS	PI-279
Terminaciones Productores REPSOL	7.5 Días Total 12 pozos	X	X
Terminaciones Productores/Inyectores SESASA	X	X	5,33 Días Total 12 pozos
Terminaciones Inyectores SESASA	X	1.8 Días Total 16 pozos	X

## Conclusiones

- Las operaciones de perforación estuvieron dentro de los tiempos programados, el incremento de tiempos se manifestó principalmente por los paros gremiales.
- El reciclado de la emulsión inversa fue crucial para este proyecto. El consumo fue optimizado por un eficiente tratamiento de control de sólidos (shear unit) y manejo de la misma.
- Se utilizó por primera vez tecnología coiled tubing drilling (2 7/8") con diámetro de perforación 8 1/2". Para ello se realizó reingeniería del conector pinado.
- Los trépanos utilizados fueron seleccionados para la tecnología CTD.
- Se consideraron un éxito las entubadas con cañería de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio (ERFV), en conjunto con aplicación de tecnología de anclas de fijación de Reuman - Smith.
- Se obtuvieron cementaciones y CBL de calidad.
- Se optimizaron las operaciones de terminación para reducir los tiempos totales.
- Se aplicó por primera vez en Repsol YPF.–UNAO, tecnología Rig Less.

## Cronograma de terminación de pozos

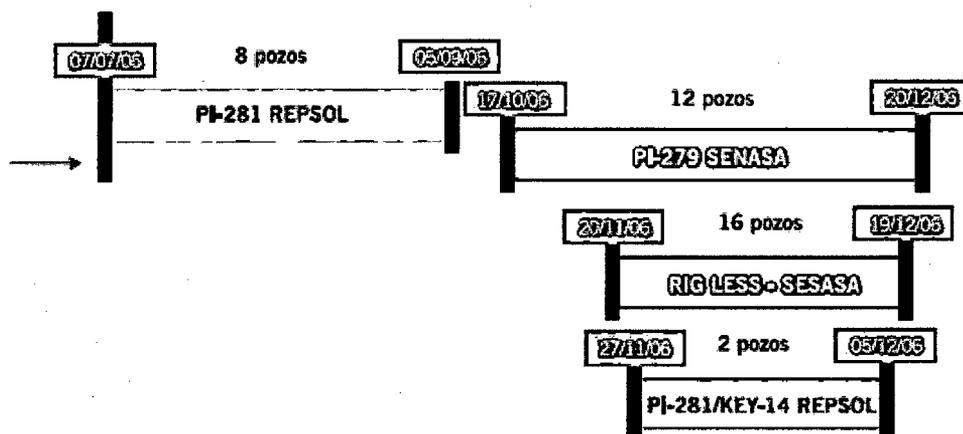


Figura 27.

## 9.2 Normas de Aplicación Internacional

### **API 15 HR: Especificación para tuberías (“line pipe”) de fibra de alta presión**

Las tuberías y accesorios de materiales compuestos para aplicaciones “upstream” de alta presión en la industria petrolera son fabricadas de acuerdo a la Especificación API 15HR.

Esta especificación fue creada para asegurar la Inter. Cambiabilidad desde el punto de vista dimensional y funcional de cañería de conducción de fluidos petrolero en presiones que van de 500 a 5000 psi. Esta especificación esta limitada a uniones mecánicas. El contenido técnico de la especificación esta limitada a uniones mecánicas.

**El contenido técnico de la especificación abarca: performance, diseño, materiales, ensayos, fabricación, manipuleo, almacenamiento y transporte.**

La Especificación API 15HR comprende:

- Line pipe y cóples de alta presión
- Accesorios
- Bridas
- Reductores y adaptadores
- Las Condiciones de servicio estándar son:
  - Vida útil de 20 años
  - Temperatura de servicio de 65°C
  - Agua Salada

- **Line Pipe**

De acuerdo a la Especificación API 15HR, se fabrican productos desde 2” hasta 16”.

Diámetros mayores pueden ser fabricados de acuerdo a pedidos especiales

Todas la tuberías son fabricadas en 9 metros y temperaturas máximas de operación de 65 °C, 82°C o 95 °C.

- **Tubing y Casing**

No existe en vigencia un Especificación o Estándar del API, aunque serán abarcados por la Practica Recomendada API 15TR, (psi).

- **Sistema de Unión**

Cada producto, habitualmente de 9 metros, puede ser fabricado con unión integral, lo cual significa que la misma tubería posee roscas internas y externas; o, puede ser fabricado con coples, lo cual implica la fabricación de nicles y coples independientes que son montados antes de realizarse la prueba hidráulica.

Todas las tuberías de ERFV ofrecidas para alta presión cuentan con uniones roscadas. De acuerdo a la Especificación API 15HR, estas roscas puede ser: a) roscas redondas de 8 hilos/pulg. (8RD) que cumplen con el estándar API 5B; ó b) roscas alternativas.

Si todos los fabricantes ofrecen sus productos con roscas estándares 8RD, algunos de ellos, para diámetros y/o aplicación particulares, ofrecen también roscas alternativas de 2 hilos/pulg. (trapezoidal) o 4 hilos/pulg. (redonda, triangular o cuadrada), algunas de ellas con o-ring y otra no.

Las roscas alternativas tiene como principal objetivo, facilitar tareas de montaje y brindar mayor resistencia mecánica para aplicaciones específicos.

- **Accesorios**

En cumplimiento de la Especificación API y con el objetivo de atender necesidades típicas de montaje, los fabricantes ofrecen accesorios tales como: codos de 11°, 22°, 45° y 90°; tes, coples, nicles, bridas, adaptadores, reducciones. Estos productos también son fabricados mediante el proceso de " filamente winding" y poseen uniones roscadas.

En el caso particular de las bridas, todos los fabricantes cumplen además con las características dimensionales de ANSI B16.5 necesarias para que sus productos puedan ser vinculados con bridas de acero sin inconvenientes.

Un accesorio particular de este tipo de productos es el Kit de reparación. Este consta de dos tramo de 4,5 metros de tubo, uno de ellos con dos extremos macho y el otro con un extremo macho y el otro hembra, y dos bridas con sus correspondientes respaldos, juntas y bulones. Este kit es utilizado para reparar una línea que ah sufrido la rotura de uno de sus productos.

### **Recomendaciones de Instalación de la Tubería ERFV**

Este manual pretende proporcionar al instalador información básica sobre los requisitos y procedimientos a seguir para garantizar la correcta manipulación e instalación de tuberías enterradas FLOWTITE. El manual también puede ser empleado por los responsables del proyecto como fuente de datos, si bien *no* debe ser utilizado como manual de ingeniería o guía de diseño de una instalación.

A pesar de que se ha procurado incluir información sobre todas las circunstancias que se pueden encontrar en una instalación, también pueden surgir situaciones que requieran una consideración especial. Cuando éste sea el caso, consulte con su proveedor. Además de la instalación enterrada, existen otros tipos de instalación (como las que se utilizan para las tuberías subacuáticas o las tuberías aéreas montadas sobre soportes) que no se tratan en este manual.

En caso de desearlo, consulte con su proveedor para obtener más información sobre los requisitos y limitaciones aplicables en estos casos. En todo caso es importante tener presente que este manual no ha sido diseñado con el fin de reemplazar el sentido común, el buen entender de los ingenieros, las regulaciones de seguridad aplicables, los decretos locales o las instrucciones y especificaciones de la ingeniería de la propiedad, quien tiene la autoridad final sobre todos los trabajos realizados. En el caso de que esta información diera lugar a algún tipo de duda sobre la forma de proceder, se recomienda consultar con el proveedor y con el responsable técnico del proyecto.

Para conseguir el elevado grado de resistencia a la corrosión y demás ventajas que ofrecen los tubos FLOWTITE es necesario realizar una instalación adecuada. Los tubos FLOWTITE han sido diseñados teniendo en cuenta las zonas del lecho y de

relleno que resultan de seguir los procedimientos de instalación recomendados en este manual. Recuerde que la combinación de la tubería y el material de relleno constituye un "sistema tubería-suelo" de alto rendimiento.

Las recomendaciones que se presentan en este manual son fáciles de seguir y verificar. Se puede obtener un buen indicio de la calidad de la instalación realizada midiendo la deflexión vertical del tubo enterrado y revisando la forma del tubo.

La deflexión inicial de un tubo recién instalado no debe exceder los valores que figuran en la Tabla 4.1 de este manual. Bajo ninguna circunstancia se admite la presencia de abultamientos, zonas planas u otros cambios bruscos de la curvatura de la pared del tubo.

El criterio de aceptación de la instalación mediante la medición de la deflexión vertical del tubo solamente será válido cuando se hayan seguido los procedimientos de instalación especificados en este manual que aseguran la consecución de los efectos previstos a largo plazo.

El seguimiento de los procedimientos de instalación detallados en este manual y de las sugerencias ofrecidas por nuestro servicio de asistencia técnica contribuirá a garantizar una instalación adecuada y duradera. En caso de tener alguna duda o desear realizar alguna variación sobre las recomendaciones aquí descritas, consulte con su proveedor.

- **Servicio de asistencia técnica**

Existe un servicio de asistencia técnica a disposición del cliente. A través de este servicio el instalador puede obtener toda la asesoría necesaria para lograr una instalación correcta. El servicio de asistencia técnica puede brindar apoyo en el lugar de la instalación desde el inicio del trabajo, realizando un seguimiento periódico de todo el proyecto. Así, el servicio ofrecido puede abarcar desde un seguimiento continuado (de tiempo completo) hasta una asistencia periódica en función de la planificación, complejidad y resultado de la instalación.

- **Protección contra el fuego**

Al igual que prácticamente todos los tubos fabricados con materiales petroquímicos, las tuberías reforzadas con fibra de vidrio pueden arder, por lo que no es recomendable su uso en aplicaciones expuestas a calentamientos intensos o llamas. Durante la instalación se deben tomar las precauciones necesarias para evitar que los tubos queden expuestos a chispas de soldadura, sopletes de corte u otras fuentes de calor que puedan provocar la ignición del material.

Esta precaución deberá extremarse cuando se trabaje con productos químicos volátiles durante la fabricación de uniones laminadas o la reparación o modificación de la tubería en el lugar de instalación.

- **Inspección**

Resulta imprescindible revisar todos los tubos en el lugar de descarga para asegurarse de que no hayan sufrido daño alguno durante el transporte. También se recomienda volver a inspeccionar cada tubo inmediatamente antes de proceder a su instalación, aunque esto depende del tiempo que lleve almacenado, la manipulación a la que haya sido sometido en el lugar de trabajo y otros factores que pueden influir en la integridad del tubo.

En todo caso, al revisar la carga enviada por el fabricante se debería proceder de la siguiente manera:

1. Haga una inspección global de la carga. Si está intacta, por lo general bastará con una revisión ordinaria durante la descarga para asegurarse de que los tubos han llegado a destino sin daño alguno.
2. Si la carga se ha movido o hay indicios de que ha sido maltratada, entonces será necesario revisar cada tubo con cuidado para detectar los posibles daños. Por lo general bastará con una inspección exterior para detectar cualquier desperfecto. Cuando el tamaño del tubo lo permita, conviene inspeccionar la superficie interior del tubo en los puntos en que se haya localizado algún tipo de defecto en la superficie exterior.
3. Contraste las cantidades recibidas de cada tipo de tubo contra las que figuran en el remito de entrega.
4. Use el remito para anotar las pérdidas o daños causados durante el transporte y obtenga del transportista el justificante correspondiente convenientemente firmado. Acto seguido, proceda a realizar la reclamación contra el transportista según sus indicaciones.
5. No utilice tubos dañados en la instalación. El transportista le notificará el procedimiento a seguir con las piezas dañadas.
6. Si detecta algún daño o desperfecto en un tubo, separe el tubo afectado del resto del lote y póngase en contacto con el proveedor.

**No se deben utilizar los tubos que tengan aspecto de estar dañados o defectuosos.**

El servicio de asistencia técnica puede asistirle en el proceso de verificación de los tubos si está presente en el momento en que se realice la recepción e inspección de la carga.

- **Reparación**

Por lo general, los tubos ligeramente dañados pueden ser reparados en el lugar de trabajo por personal calificado. Si existe alguna duda sobre el estado de un tubo, éste no debe ser utilizado en la instalación.

El servicio de asistencia técnica puede ayudarle a determinar si un tubo necesita algún tipo de reparación y si es posible y práctico realizarla. Si el cliente lo desea, también puede obtener las especificaciones de reparación y coordinar la entrega del material necesario y la asistencia del personal especializado para efectuar la reparación. Los tipos de reparación varían en función del espesor y la composición de la pared del tubo, la aplicación a la que se va a destinar la tubería y el tipo y extensión del defecto detectado. Se recomienda, por tanto, no intentar reparar un tubo dañado o defectuoso sin haber consultado previamente con el proveedor. Es muy probable que los tubos que no hayan sido reparados correctamente no funcionen según lo previsto.

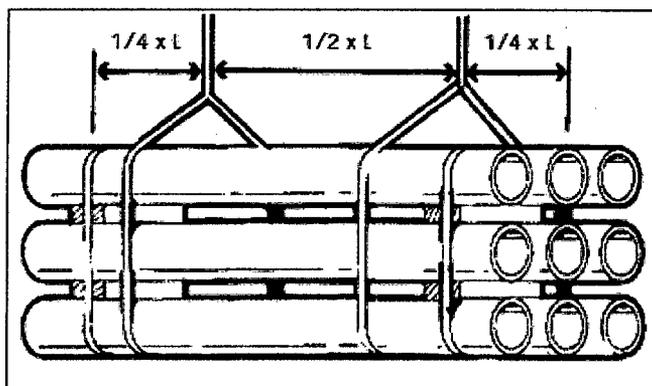
- **Descarga y manipulación**

La descarga de los tubos cae bajo la responsabilidad del cliente. De ahí que sea imprescindible controlar la manipulación del material durante el proceso de descarga. El uso de cuerdas de guía atadas a los tubos o a los embalajes de los mismos facilita el control manual de los tubos durante la elevación y posterior manipulación. En caso de que se necesiten varios puntos de anclaje se pueden utilizar barras. La finalidad de estos métodos es evitar que los tubos caigan, tengan colisiones o reciban golpes, en especial en sus extremos.

- **Cargas unificadas**

Por lo general los tubos de 600mm o menor diámetro se embalan como unidades. Las cargas unificadas se pueden manipular utilizando un par de eslingas (véase la Figura 2.1). Los tubos de mayor diámetro también pueden ser transportados en embalajes unificados.

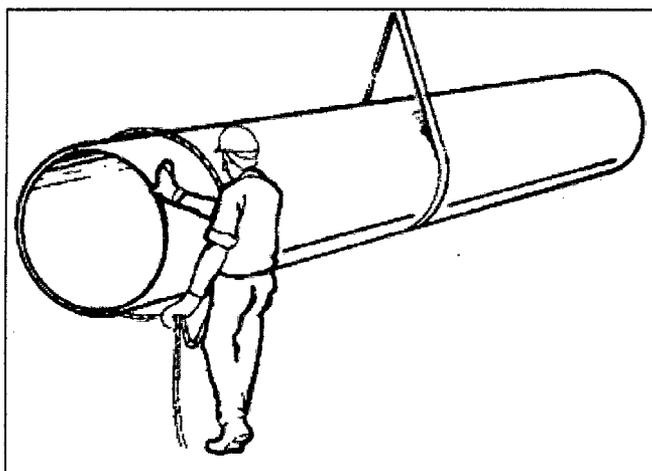
Consulte con su proveedor para obtener más información sobre el tipo de embalaje que se va a utilizar en la entrega de su pedido. Los tubos que no estén embalados de forma unificada, no deben ser izados en conjunto en forma de fajo. Estos han de ser descargados y manipulados por separado (de uno en uno).



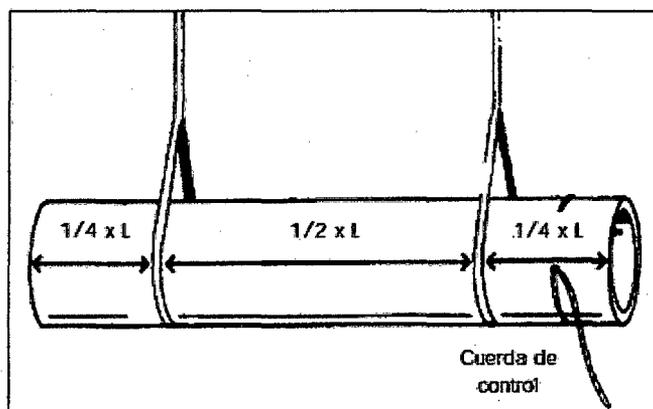
**Figura 2.1**  
Izado de una carga unificada

- **Tubos sueltos**

Los tubos sueltos se pueden izar usando flejes flexibles, eslingas o cuerdas. En ningún caso se han de usar cables de acero o cadenas para levantarlos o transportarlos. Los tubos se pueden levantar usando un solo punto de sujeción (véase la Figura 2.2), si bien el uso de dos puntos de sujeción situados según la Figura 2.3 facilita el control del tubo descargado. No se deben izar tubos pasando una cuerda por el interior de los mismos de extremo a extremo.



**Figura 2.2**  
Izado con un solo punto de sujeción



**Figura 2.3**  
Izado con dos puntos de sujeción

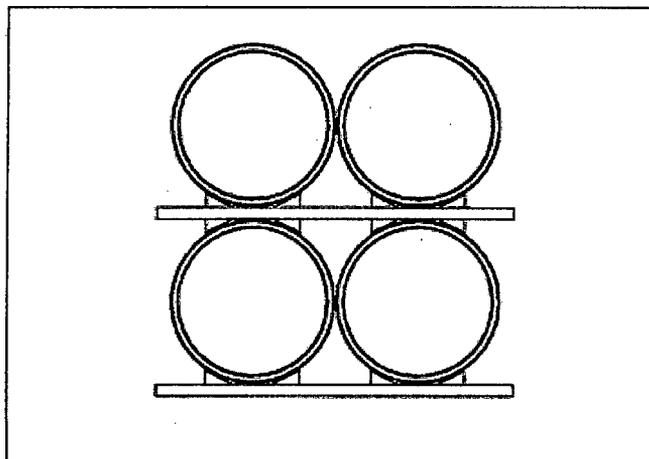
Si los tubos sufren incisiones, grietas o fracturas durante las fases de manipulación o instalación, deben ser reparados antes de ser instalados. En caso de darse esta situación, póngase en contacto con su proveedor para que revise los desperfectos y le asesore sobre el modo de proceder en la reparación o eliminación de los daños (véase la sección anterior, Reparación).

- **Almacenaje de tubos**

Como regla general se recomienda almacenar los tubos sobre maderas planas que faciliten el posicionamiento y la posterior retirada de las eslingas alrededor del tubo.

Cuando los tubos se depositen directamente sobre el suelo se deberá inspeccionar la zona para asegurarse de que ésta es relativamente plana y que está exenta de piedras u otros escombros que puedan dañar el tubo. Los tubos también deberán ser calzados para evitar que puedan rodar con vientos fuertes. En el caso de que sea necesario apilar los tubos, se recomienda hacerlo sobre soportes planos de madera (de 75mm de ancho como mínimo) con cuñas, espaciados a un máximo de 6 metros (3 metros para diámetros pequeños) (véase la Figura 2.4). Asimismo, se recomienda dejarlos en el embalaje de origen empleado en el envío.

Es importante asegurar la estabilidad de los tubos apilados en condiciones de viento fuerte, en áreas de almacenaje irregular o en situaciones en que estén sometidos a otro tipo de cargas horizontales. La altura máxima de apilamiento recomendable es de 3 metros aproximadamente. No se recomienda apilar tubos de diámetros superiores a 1400mm.



**Figura 2.4**  
Almacenaje de tubos

- **Almacenaje de Tubos**

al almacenar los tubos se debe recordar que la máxima deflexión vertical permitida no debe superar los valores que se presentan en la tabla 2.1. además no se admiten abultamientos, zonas planas ni otros cambios bruscos de la curvatura de la pared del tubo. el almacenaje que no tenga en cuenta estas limitaciones puede ser perjudicial para los tubos.

**Tabla 2.1** Deflexión máxima admitida durante el almacenaje

Clase de rigidez SN	Deflexión máxima (% del diámetro)
2500	2,5
5000	2,0
10000	1,5

- **Almacenaje de juntas y lubricantes**

Cuando las juntas de caucho y los acoplamientos se reciban por separado, las juntas deberán almacenarse en su embalaje original en una zona resguardada de la luz y no deberán ser expuestas a la luz del sol excepto durante la operación de montaje de la tubería. También deberán estar protegidas del contacto con grasas y aceites derivados del petróleo, disolventes y otras sustancias perjudiciales.

El lubricante para las juntas deberá almacenarse de forma que se evite dañar el embalaje. Los contenedores a medio usar deberán cerrarse y sellarse de nuevo para evitar cualquier posible contaminación del lubricante.

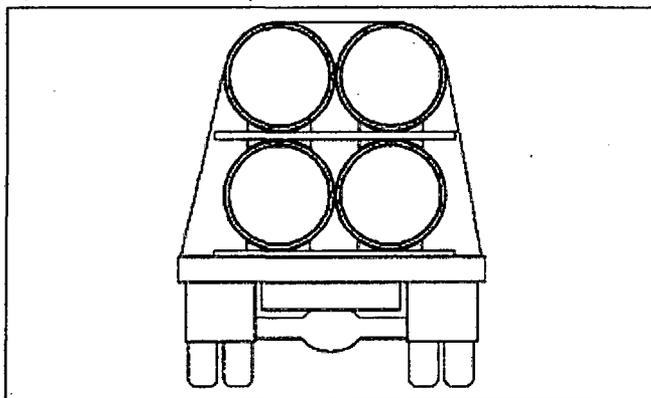
Si durante la instalación las temperaturas descienden por debajo de los 5°C, las juntas y los lubricantes deberán ser resguardados hasta el momento de ser utilizados.

- **Transporte**

Cuando sea necesario transportar los tubos desde el lugar de descarga hasta el lugar de instalación se recomienda utilizar el embalaje original de envío. Si esto no es posible, entonces se debe depositar los tubos sobre maderas planas distanciadas 4 metros como máximo y con un voladizo de 2 metros como máximo.

También se deben fijar los tubos para que permanezcan estables y separados y se tiene que asegurar que no haya contacto entre ellos para que las vibraciones debidas al transporte no produzcan una abrasión entre los mismos (véase la Figura 2.5).

La altura máxima de apilamiento recomendable es de unos 2,5 metros. Para evitar flexiones, se deben usar flejes flexibles o cuerdas para atar los tubos al vehículo sobre los puntos de soporte. No se deben utilizar cables de acero o cadenas sin la adecuada protección que pueda impedir la abrasión de los tubos. La deflexión diametral máxima no debe sobrepasar los valores indicados en la Tabla 2.1. Recuerde que no se admiten abultamientos, zonas planas ni otros cambios bruscos de la curvatura de la pared del tubo. La falta de cumplimiento de estas normas de manipulación durante el transporte puede resultar en daños para los tubos.



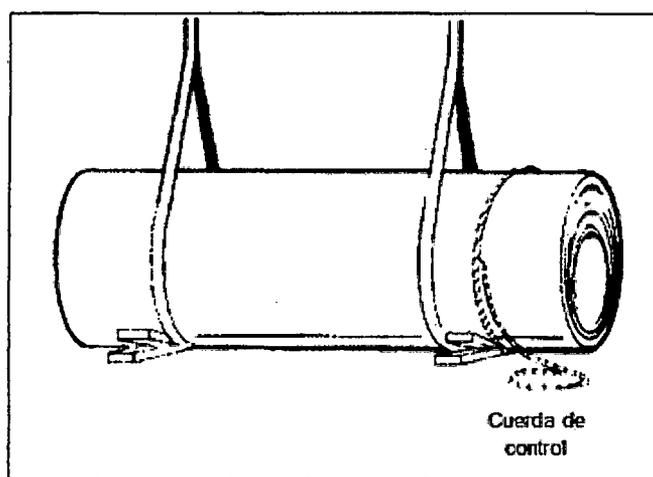
**Figura 2.5**  
Transporte de tubos

- **Manipulación de tubos anidados**

Para reducir costos de transporte, los tubos que viajen largas distancias podrán ser enviados de forma anidada (los tubos de menor diámetro viajarán dentro de los de mayor diámetro). Estos tubos por lo general utilizarán un embalaje especial y requerirán procedimientos especiales de descarga, manipulación, almacenaje y

transporte. En caso de que se necesiten procedimientos especiales, estos le serán comunicados al cliente antes del envío. En todo caso, este tipo de suministro precisa que se tengan en cuenta los pasos que se detallan a continuación:

1. El lote de tubos anidados se debe levantar usando dos puntos de sujeción como mínimo (véase la Figura 2.6). Las limitaciones referentes a la distancia entre flejes y los puntos de sujeción se especificarán en cada proyecto (cuando existan). Se debe asegurar que las eslingas utilizadas para levantar los tubos tienen capacidad suficiente para soportar el peso de los mismos. Dicho peso se puede calcular utilizando las orientaciones de peso aproximado que figuran en el Apéndice A.



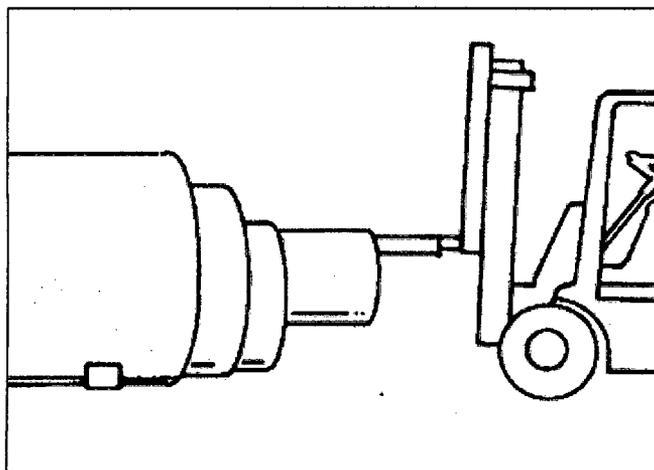
**Figura 2.6**  
Dos puntos de sujeción

2. La mejor forma de almacenar los tubos anidados es guardándolos en el embalaje utilizado para transportarlos. A menos que se especifique lo contrario, no es recomendable apilar estos lotes embalados.

3. Los lotes de tubos anidados sólo pueden ser transportados utilizando el embalaje original. En caso de que existan requisitos especiales para la configuración del lote, la disposición en el vehículo de transporte y/o el amarre al mismo, estos se especificarán para cada proyecto en concreto.

4. Es preferible realizar el desembalaje y la separación de los tubos interiores en una estación preparada para ese fin. Por lo general, consta de tres o cuatro soportes que fijan el diámetro exterior del tubo de mayor diámetro del lote. Los tubos interiores se extraen empezando siempre por el de menor diámetro, levantándolo ligeramente con

un brazo de izado convenientemente protegido que permita mantener el tubo suspendido y retirándolo sin que roce con los otros tubos (véase la Figura 2.7). Cuando las limitaciones de peso, longitud o equipo impidan utilizar este método de desembalaje y separación, el proveedor podrá recomendarle los procedimientos oportunos para cada proyecto.



**Figura 2.7**  
Desembalaje de tubos anidados utilizando el brazo de izado de una carretilla elevadora convenientemente revestido

Los tubos FLOWTITE por lo general se ensamblan utilizando acoplamientos de manguito FLOWTITE de plástico reforzado con fibra de vidrio. Los tubos y acoplamientos se suelen suministrar por separado, si bien se pueden entregar con el acoplamiento montado en un extremo del tubo.

Los acoplamientos pueden llevar una junta elastomérica que sirve de tope central de montaje. Los acoplamientos montados en fábrica siempre llevan este tope central de montaje.

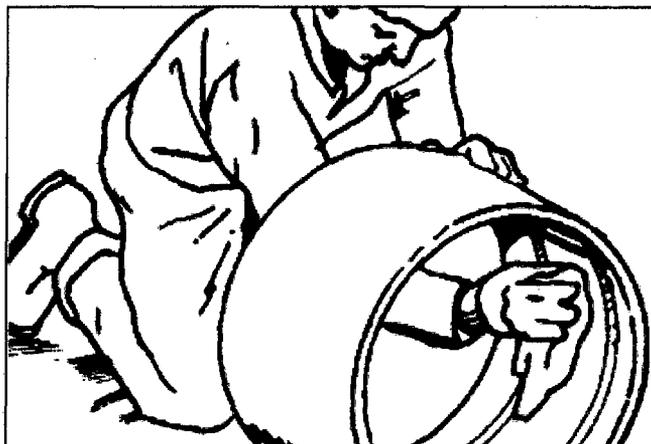
Los tubos FLOWTITE también permiten el uso de otros sistemas de conexión tales como bridas, acoplamientos mecánicos y uniones por laminación.

- **Acoplamientos de manguito FLOWTITE Limpieza e instalación de las juntas**

Los pasos 1 a 4 se deben seguir en todos los montajes que utilicen acoplamientos de manguito FLOWTITE.

**Paso 1: Limpieza del acoplamiento**

Limpie meticulosamente las ranuras y las juntas de caucho del acoplamiento para asegurarse de que están libres de suciedad y aceites (véase la Figura 3.1).



**Figura 3.1**  
Limpieza del acoplamiento

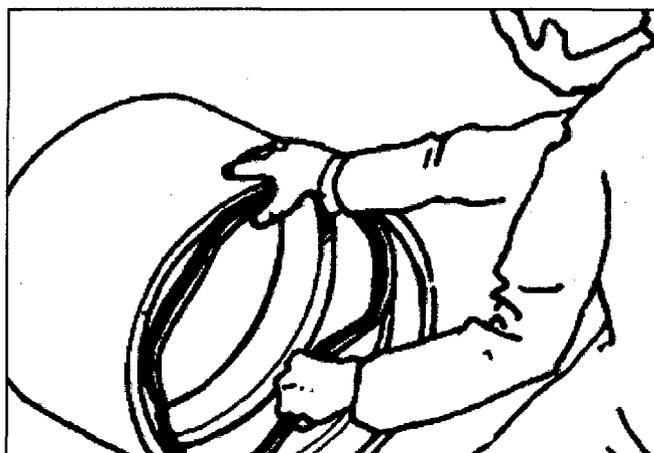
## **Paso 2: Instalación de las juntas**

Instale la junta en su ranura dejando de dos a cuatro bucles uniformes extendidos hacia fuera de la ranura. No use lubricantes ni en la ranura, ni en la junta en esta etapa del montaje. No obstante, puede usar agua para humedecer la junta y la ranura y así facilitar el posicionamiento y la inserción de la junta (véase la Figura 3.2).

Introduzca cada bucle de la junta de caucho en el interior de la ranura, presionando uniformemente en todo momento.

Una vez instalada la junta, tire ligeramente de ella en dirección radial para verificar que la compresión a la que se encuentra sometida es uniforme a lo largo de toda su circunferencia.

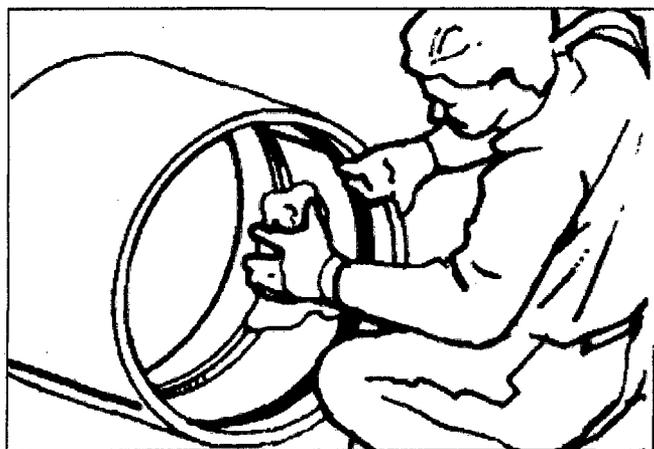
Verifique asimismo que ambos lados de la junta sobresalen uniformemente de la ranura a lo largo de toda la circunferencia. En el caso de que no sea así, puede golpear ligeramente la junta con una maza de goma para introducirla correctamente.



**Figura 3.2**  
Instalación de las juntas

### **Paso 3: Lubricación de las juntas**

Aplique una ligera capa de lubricante sobre las juntas usando un paño limpio (véase la Figura 3.3). Consulte el Apéndice B para obtener más información sobre la cantidad de lubricante a consumir por junta

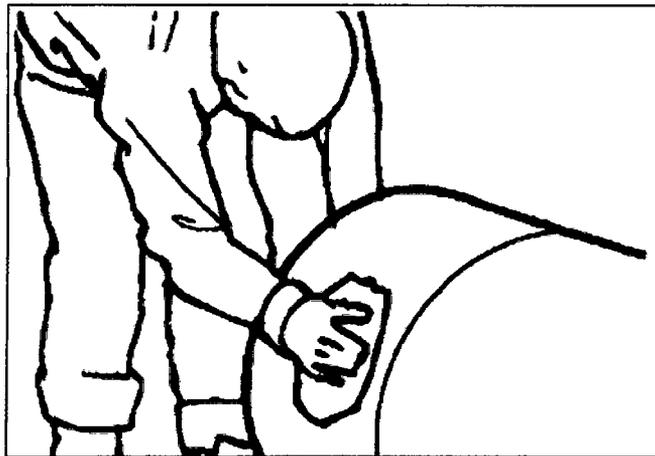


**Figura 3.3**  
Lubricación de las juntas

### **Paso 4: Limpieza y lubricación de las espigas**

Limpie las espigas de los tubos a fondo para eliminar cualquier tipo de suciedad, grasa, arena, etc. Utilizando un paño limpio, aplique una delgada capa de lubricante a las espigas desde el extremo del tubo hasta la posición donde se encuentra pintada la franja negra de límite de montaje sobre el tubo. Tome las precauciones necesarias para mantener limpias las espigas y el acoplamiento una vez lubricados (véase la Figura 3.4).

Es muy importante utilizar el lubricante adecuado. El proveedor suministra suficiente lubricante con cada pedido de acoplamientos. Si por alguna razón necesita más lubricante, debe ponerse en contacto con el proveedor bien sea para recibir una entrega adicional o para asesorarse sobre el uso de lubricantes alternativos. Nunca use lubricantes derivados del petróleo.



**Figura 3.4**  
Limpieza de las espigas

#### **Montaje con acoplamientos sin tope central**

Los pasos 5 a 8 que se describen a continuación son aplicables a todos los procedimientos de montaje de tubos con acoplamientos sin tope central.

#### **Paso 5: Montaje de las abrazaderas**

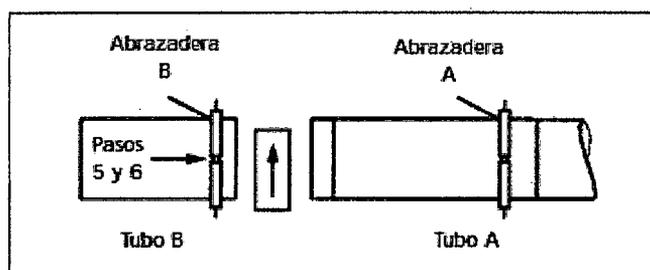
Monte la abrazadera A sobre el tubo A ya instalado o déjela en la posición donde se encuentra después del montaje anterior. Monte la abrazadera B sobre el tubo B que va a ser ensamblado, situándola alineada con la franja negra marcada en la espiga a fin de que actúe como tope (véase la Figura 3.5).

**Nota:** La instalación mecánica de las abrazaderas tiene la doble función de actuar como tope y como elemento de ataque de empuje del equipo de tracción (tensores mecánicos). El contacto de las abrazaderas con el tubo debe acolcharse o protegerse de alguna forma para evitar dañar el tubo y obtener al mismo tiempo una fuerza de fricción elevada con la superficie del tubo. En el caso de que no se disponga de abrazaderas, se pueden usar eslingas de nylon o cuerdas, tal como muestra la Figura 3.6, tomándose las debidas precauciones para mantener la alineación del acoplamiento. La abrazadera tiene la ventaja de actuar como tope. Sin embargo, si no

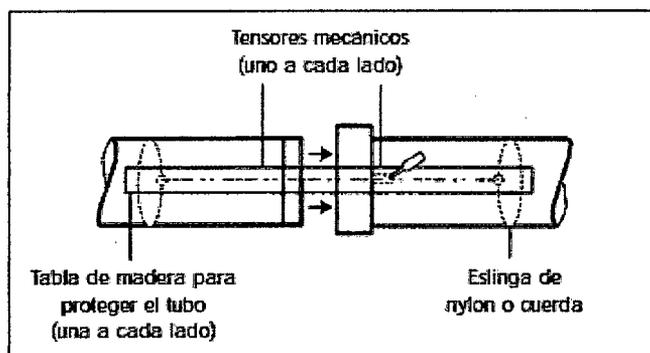
se dispone de ella se deberá insertar la espiga del tubo hasta que la franja negra quede alineada con el extremo del acoplamiento.

### Paso 6: Emplazamiento del tubo

Deposite el tubo B (pendiente de conectar) sobre el lecho a suficiente distancia del tubo A como para permitir la inserción del acoplamiento entre los dos tubos.



**Figura 3.5**  
Situación de las abrazaderas



**Figura 3.6**  
Montaje de tubos sin abrazaderas

### Paso 7: Montaje del acoplamiento

Instale unos tensores mecánicos para unir las abrazaderas y dos maderas de 100mm x 100mm o similares (para diámetros más grandes se debe utilizar una chapa de madera) entre el tubo A previamente conectado y el acoplamiento (véase la Figura 3.7). Sin dejar de sujetar las maderas en posición, introduzca el nuevo tubo B en el acoplamiento hasta que llegue a topar con la abrazadera B. En el caso de utilizar tensores mecánicos, puede llegar a ser necesario el uso de una tabla de protección debajo de los tensores para evitar que rocen contra el tubo (véase la Figura 3.6).

**Nota:** La fuerza de montaje aproximada es de 1 Kg por mm de diámetro.

Nota: La acción del enchufado debe ser gradual y de fuerza máxima controlada para evitar roturas de espigas, etc. Es por ello que no recomendamos el uso de maquinaria pesada para tal fin, como ser el uso del balde de la retroexcavadora, etc.

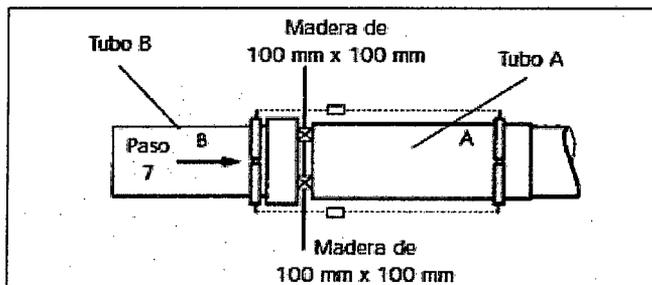
### Paso 8: Montaje de los tubos

Afloje los tensores mecánicos y retire las maderas usadas como topes antes de volver a traccionar los tensores para introducir el acoplamiento en el tubo A previamente montado. Debe verificar que el extremo del acoplamiento haya quedado alineado con la franja negra del tubo A (véase la Figura 3.8).

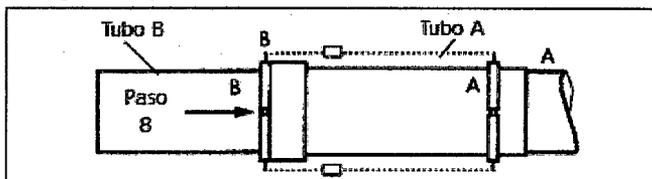
También es importante que compruebe que las juntas de goma hayan quedado bien colocadas una vez que se hayan unido los tubos. Esto se suele hacer insertando una delgada lámina de metal pulido con la punta redondeada y sin filo (comúnmente conocida como "galga") entre el acoplamiento y la espiga, deslizándola alrededor de la unión para detectar cualquier junta mal colocada.

Nota: Una vez finalizado el paso 8, la abrazadera B se deja en posición y la abrazadera A se desliza sobre el siguiente tubo que vaya a montarse.

**Nota: Una vez finalizado el paso 8, la abrazadera B se deja en posición y la abrazadera A se desliza sobre el siguiente tubo que vaya a montarse.**



**Figura 3.7**  
Montaje del acoplamiento



**Figura 3.8**  
Montaje de los tubos

## CAPITULO XI: BIBLIOGRAFIA

- Amitech Argentina. Sistemas de Tubería y Soluciones Técnicas 2010
- Tubo PETROFIBRA 2000. Linea Pipe
- SATR Fiber Glass a Varco Company
- OrregoNicolas R. y Velez. El Poliester Insaturado Reforzado con Fbra de Vidrio. Colombia 2000.
- Instalaciones de Tubería con Fibra de Vidrio. Lote X Petrobras
- Por Javier Alpire, Danilo Sandoni, Roberto Bermudez - Repsol YPF
- José Luis Oroná, Guillermo Agüero - Pride - San Antonio
- Javier Alpire, Informe Final de Perforación de Pozos con Coiled Tubing Drilling y entubación de cañería de ERFV en el Yacimiento Señal Picada. Repsol YPF, UNAO, UE RDLS Neuquén, Argentina, 2002.
- Petroplastic, Manual Técnico de Casing de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio. USA, 2000.
- Manual de Procedimientos YPF. Rev. 1999 (Módulo 4), H. Bazzara, A. Miguel, P. Boscato, J. Uhrig, D. Breuer, D. Legaz, R. Massolini. Aprobado por: Miguel Sotomayor.
- Javier Alpire, Estimulación Selectiva de Pozos Inyectores Re-entubados con casing de ERFV 3 1/2" en Yacimiento Señal Picada. Workshop de Perforación de Repsol YPF Santa Cruz, Bolivia, Nov. 2005.
- Future Pipe Industries, Epoxi Pipe Systems, Red Box Casing and tubing System, Febrero 2005.
- REINFORCED PLASTIC S.A. , Tuberías en P.R.F.V. , Buenos Aires, 1994.
- REINFORCED PLASTIC S.A. , Tuberías Epoxi - Fibras De Vidrio Petróleo & Gas Line Pipe, Buenos aires, 1994.