

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**PROYECTO DE CONSTRUCCION Y OPERACION DE UN
BY - PASS PARA REEMPLAZO DE UN TRAMO
DEL OLEODUCTO NOR PERUANO**

T E S I S

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECANICO - ELEC TRICISTA

HELI MIGUEL ALVAREZ LOAYZA

Promoción 1984 - I

Lima - Perú
1990

INDICE

	<u>Pág.</u>
CAPITULO I	
1.0 INTRODUCCION	4
1.1 Taladrar Bajo Presión	8
1.2 Sustitución de un Tramo de Tubería	10
1.3 Condiciones de Operación del Flujo del Oleoducto Nor-Peruano.	12
1.4 Características del Petróleo Crudo.	14
1.5 Consideraciones Generales para la Solda dura y Tendido de Tubería.	15
1.5.1 Conceptos Teóricos Fundamentales	
1.5.1.1 Principios de Soldadura	15
1.5.1.2 Soldadura de Arco	16
1.5.1.3 Inspección de Soldadura	21
1.5.2 Trabajos Preliminares	25
1.5.2.1 Zanjado para el Oleoducto	25
1.5.2.2 Doblado de la Tubería	28
1.5.2.3 Alineado y Soldadura de la Tubería	31
1.5.2.4 Empalmes del Oleoducto	40
1.5.3 Códigos y Reglamentos	40
CAPITULO II	
2.0 MEMORIA DESCRIPTIVA	
2.1 Ubicación y Acceso	42
2.1.1 Ubicación	42

2 1.2	Acceso	42
2.2	Descripción del Area	45
2.3	Topografía	46
2.3.1	Verificación	46
2.3.2	Control Horizontal y Vertical	47
2.3.3	Levantamiento Topográfico	48
CAPITULO III		
3.0	LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL REEMPLAZO DEL TRAMO DE TUBERIA DEFECTUOSO.	50
3.1	Reemplazo del Oleoducto con la Tubería bajo Presión.	53
3.1 1	Reemplazo con Parada de Bombeo	56
3.1.2	Reemplazo con el Oleoducto en Operación.	84
CAPITULO IV		
4.0	SOLDADURA Y TENDIDO DE TUBERIA	90
4 1	Tubería de 36" Ø de Reemplazo	90
4.1.1	Especificaciones Técnicas de la Tubería	90
4 1.2	Instalación del Falso Puente para el Tendido de Tubería.	90
4.1.3	Características del Tramo de Reemplazo	93
4 1.4	Soldado y Tendido de Tubería	94
4.1.5	Equipos y Personal	94

4.2	Tubería de 24" Ø By-Pass	
4.2.1	Especificaciones Técnicas de la Tubería	95
4.2.2	Instalación de la Tubería By-Pass	96
4.2.3	Soldado y Tendido de la Tubería	96
4.2.4	Instalación de los Equipos T-D Williamson.	97

CAPITULO V

5.0 PRUEBAS EJECUTADAS EN LOS TRABAJOS DE REEMPLAZO

5.1	Pruebas Topográficas	119
5.2	Pruebas de Espesores y Gases	
5.3	Pruebas Destructivas	120
5.4	Pruebas No Destructivas	121
5.5	Pruebas Hidráulicas	122

CAPITULO VI

6.0	EVALUACION ECONOMICA	127
6.1	Ingeniería del Proyecto	127
6.2	Obra	128
6.3	Insumos Importados	129
6.4	Cronograma	129

CONCLUSIONES 135

BIBLIOGRAFIA 140

ANEXO A

American National Standard Code for Pressure
Piping.

ANEXO B

Procedimiento de Soldadura API-Std 1104.

ANEXO C

Resultado de Pruebas Hidrostáticas y Radiográficas
de las Tuberías.

P L A N O S

PROLOGO

El presente tema de Tesis "Proyecto de Construcción y Operación de un By-Pass, para reemplazo de un Tramo del Oleoducto Nor-Peruano", se ha desarrollado con la finalidad de mostrar un método de solución a los problemas de deformación y rotura que afronta el Oleoducto Nor-Peruano, en su recorrido, desde su inicio en la Selva Norte, hasta la Costa, en el terminal marítimo de Bayóvar, para lo cual se presentan los siguientes capítulos.

Introducción

Se describe, las zonas importantes de yacimientos petrolíferos, el Oleoducto, su capacidad de transporte, su paso por las diferentes estaciones tanto de bombeo como de alivio, problemas que afronta debido a las dificultades geográficas, a su paso desde la Selva hasta la Costa. El proyecto como solución al problema de rotura del Oleoducto, sin parar el bombeo de petróleo y las bases teóricas para el desarrollo.

Memoria Descriptiva

En este capítulo se describe la ubicación del área de trabajo, consideraciones generales para el acceso a la zona, descripción total del área, muy importantes para la realización de la obra. También la topografía del terreno, así como los trazos y replanteos en el campo de las tuberías, tanto la del Oleoducto, la de reemplazo, así como la de by-pass.

Lineamientos Generales para el Reemplazo del Tramo Defectuoso

Se describen los casos en que el Oleoducto requiere ser reparado, los procedimientos a seguir en cada uno de estos casos. El método a seguir para el reemplazo de un tramo defectuoso del Oleoducto bajo presión, ya sea parando el bombeo de petróleo o con el Oleoducto en operación. Descripción del equipo T-D Williamson, para la construcción del by-pass, procedimiento de instalación del equipo, operación del mismo con el by-pass instalado; desmontaje de los equipos y by-pass, así como la puesta en operación del nuevo tramo.

Soldadura y Tendido de Tubería

Se describen las características de la tubería tanto la de reemplazo de 36" Ø, como la de By-Pass de 24" Ø, instalaciones preliminares para el tendido, trabajos realizados para la soldadura, instalación de los equipos T-D Williamson, también equipos y personal utilizados en los trabajos.

Pruebas ejecutadas en los Trabajos de Reemplazo

Se describen los distintos tipos de pruebas y ensayos, sustentación teórica, su ejecución en los trabajos de reemplazo como son las pruebas de espesores de tubería, prueba de fugas de gases, pruebas de presión, pruebas no destructoras (tintes penetrantes, rayos X) en las costuras de soldadura, para finalmente probar el funcionamiento. Se muestran los resultados de las pruebas.

Evaluación Económica

Se hace una evaluación de todos los costos del proyecto, es decir movilización de equipos, maquinarias, materiales, personal y mano de obra.

Es esta la presentación de todos los capítulos de la Tesis cuyo desarrollo se verá en las siguientes páginas. Expreso mi agradecimiento al personal técnico de la División de Mantenimiento de Línea Oriente de Petróleos del Perú S.A., por su colaboración en la realización de estos trabajos, así como al Ing. Víctor Hugo Novoa Falen, por el apoyo brindado en la ejecución de los trabajos de obra, como en el desarrollo de la presente Tesis.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El Perú cuenta con dos importantes yacimientos petrolíferos, que son explotados por la empresa estatal PETROPERU S.A., el primero de estos está ubicado en la zona Nor-Oeste del país, en el departamento de Piura en la Costa y el segundo ubicado en la zona Nor-Este, en el departamento de Loreto, es decir en la Selva Norte.

Con la finalidad de transportar el petróleo extraído de la Selva Norte hasta la Costa, se construyó el Oleoducto Nor-Peruano (ONP) que tiene una capacidad actual de 31,800 m³ diarios (aprox. 200,000 barriles).

El Oleoducto Nor-Peruano tiene su inicio en dos estaciones recolectoras y de bombeo, la Estación N^o 1 ubicada en la margen izquierda del río Marañón, localidad de San José de Saramuro y la Estación Andoas en la margen izquierda del río Pastaza, localidad de Andoas, ambas en el Departamento de Loreto.

De la Estación N^o 1, nace un ramal de 609.6 mm (24") de diámetro y 306 Km de longitud, el cual termina en la Estación de bombeo N^o 5; en su recorrido atraviesa grandes extensiones de zonas pantanosas, lugares típicos de la Selva baja peruana.

Asimismo, de la Estación Andoas nace otro ramal de 406.4 mm (16") de diámetro y 252 Km de longitud, que al igual que el anterior termina en la Estación N^o 5 y atraviesa la Selva baja.

La Estación de Bombeo Nº 5, recepciona el crudo transportado por los dos ramales y da origen a la Tubería Troncal del Oleoducto Nor-Peruano, la cual tiene un diámetro de 914.4 mm (36") y una longitud de 550 Km.

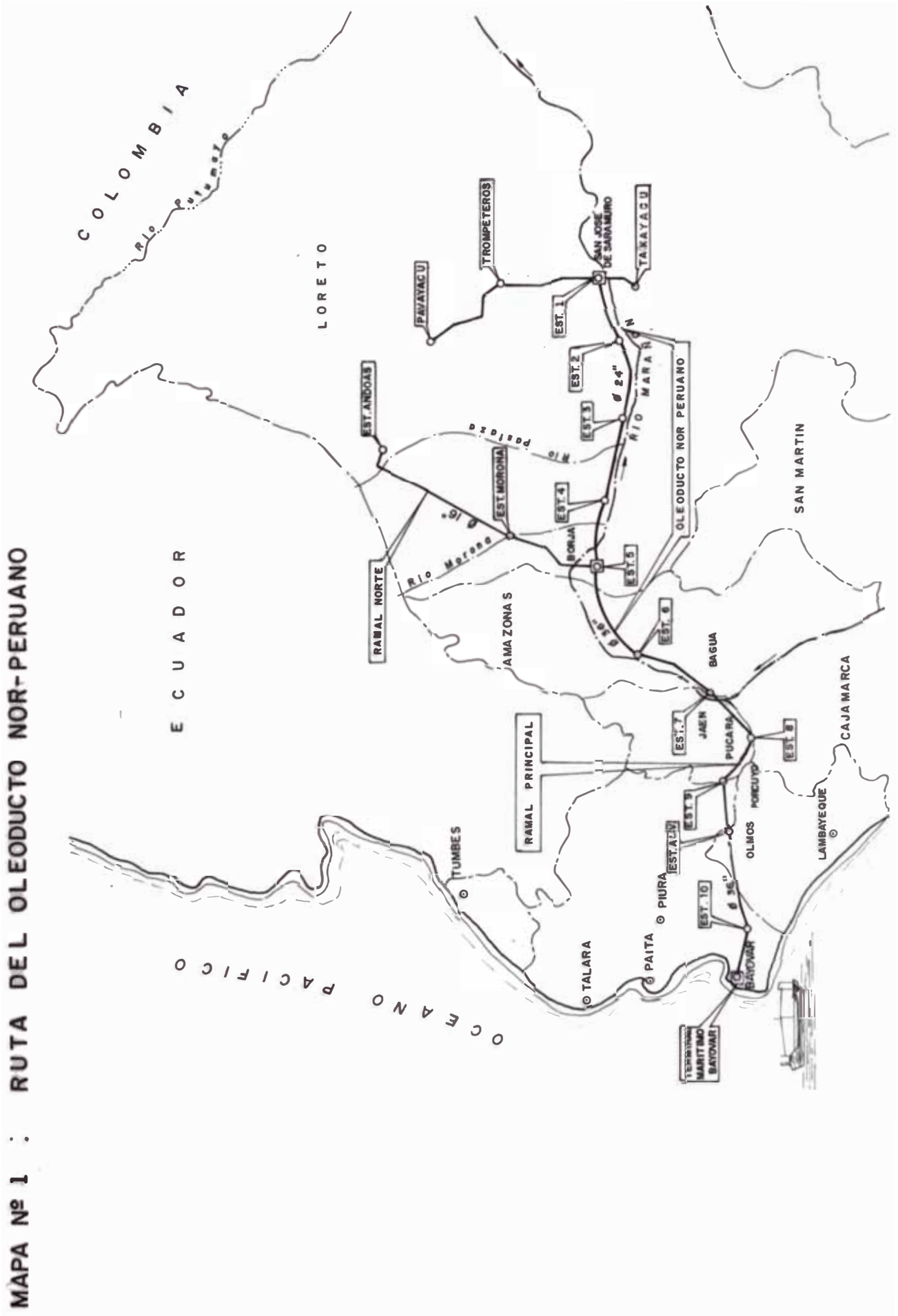
Esta tubería troncal en su recorrido pasa por cuatro estaciones de rebombeo, que dan al petróleo el impulso necesario para atravesar la Selva montañosa, la Sierra y la Costa desértica peruanas para llegar al terminal marítimo de Bayóvar, lugar donde será embarcado en buques tanques y transportado a las refinerías para su procesamiento. Ver mapa de la ruta (Mapa 1).

Debido a su gran extensión y diferentes accidentes geográficos por los que atraviesa el Oleoducto Nor-Peruano, se han presentado numerosos problemas que han originado la rotura o deformación de la tubería.

Las roturas han tenido como causa u origen, deslizamientos de terreno, derrumbes, sismos. Las deformaciones han sido causadas por asentamientos del terreno y al encontrar la tubería una roca en su lecho sufrió abolladuras; casos como este, actualmente existen varios en el Oleoducto.

Para reparar el Oleoducto de éstas roturas y deformaciones, se han empleado diferentes soluciones, de acuerdo a las características de las mismas y de la configuración del terreno.

MAPA Nº 1 : RUTA DEL OLEODUCTO NOR-PERUANO



Tema de la presente Tesis, es mostrar un método de solución a estos problemas, quizás de los más completos en reparación de oleoductos, gaseoductos y acueductos, probadas con total éxito en sistemas de tuberías instaladas en Estados Unidos de NA., Canadá, Europa Occidental y Africa del Norte, estas líneas conteniendo gas natural, crudo, propano, agua salada, nitrógeno, gasolina, fuel-oil, amoniaco y etileno con presiones de trabajo desde vacio hasta 70 atmósferas (1000 psi) y también en instalaciones submarinas a varias profundidades.

A veces es necesario aislar un tramo de tubería sin interrumpir el suministro a un cliente, sea éste una gran planta metalúrgica, una unidad de procesos químicos, una refinería o un particular, a quien la falta del suministro le va a ocasionar una gran pérdida económica.

A continuación se describe el procedimiento que permite desde conectar un nuevo ramal e introducir una válvula o cualquier otro accesorio en línea, sin interrumpir el paso del fluido.

Este procedimiento que se describe tiene su aplicación, en una zona de deslizamientos a la altura del Km 323 del Oleoducto Nor-Peruano, en el cual se han producido roturas entre Mayo de 1981 y Febrero de 1983.

7a.

En esta zona de aplicación del Proyecto, comprendida entre el Km 323.200 y el Km 323.500, la tubería del ONP atraviesa una quebrada, en la cual debido a las constantes lluvias se han producido deslizamientos aluvionales, los cuales han puesto al descubierto la tubería y consecuentemente ésta ha sido dañada por los constantes impactos del material aluvional, así como el desplazamiento de la base de la tubería, como resultado de esto la tubería ha sufrido abolladuras, incremento de la corrosión debido a la pérdida del recubrimiento exterior, además a causa de los desplazamientos laterales se han producido arrugas en la tubería y crear puntos críticos de corrosión, lo cual ha ocasionado que la tubería falle en diversas oportunidades, razón por la cual en este tramo la tubería presenta grapas en diversos puntos a través de la quebrada.

Debido a que la tubería presenta numerosos puntos potenciales de falla en esta zona a su paso por la quebrada, se ha propuesto que la tubería salve la quebrada a través de un puente colgante con una luz de 100 m y una pendiente del 15%, reemplazando aproximadamente 216 de tubería para lo cual emplearemos un by-pass que nos permitirá realizar el cambio de este tramo afectado sin parar el bombeo. A continuación describimos aspectos generales importantes para la ejecución del Proyecto.

1.1 Taladrar Bajo Presión

El taladrar bajo presión (el "hot-tapping") es sencillamente un procedimiento para realizar un corte y abertura en una tubería que transporta un producto a presión.

La operación requiere las siguientes etapas:

- a) Se empieza por soldar a la tubería una brida de acoplamiento como la de la Fig. 1; si la presión de servicio fuese alta se soldaría un acoplamiento de circunvalación como el de la Fig. 2. Como es lógico, los cordones de soldadura no deben atravesar la pared de la tubería.
- b) A continuación se conecta a la brida una válvula Tajadera (válvula "sandwich") como la de la Fig. 3.

Las válvulas "sandwich" están especialmente diseñadas para ser utilizadas temporalmente durante el taladro y las operaciones de obturación.

Estas válvulas tienen más paso y menores dimensiones de cara a cara que las válvulas estándar. La ventaja de la anchura reducida de estas válvulas es evidente cuando se toma en consideración que la máquina de taladrar descrita posteriormente tiene que pasar a través del paso interior de la válvula antes de alcanzar la tubería.



Fig. 1. Acoplamiento simple.



Fig. 2. Acoplamiento de circunvalacion completa para altas presiones.

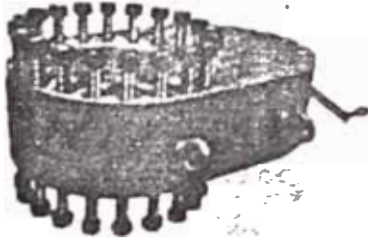


Fig. 3. Valvula "sandwich" o de tajadera.

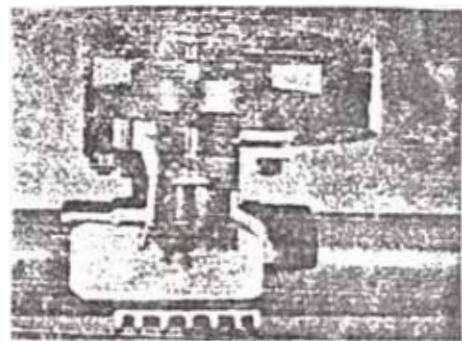


Fig. 4. Seccion de la tuberia mostrando la broca en posicion de taladro terminado.



Fig. 5. Broca extraida mostrando la recuperacion: trozo de pared de tuberia.

En consecuencia cuanto menor resulta el recorrido de la máquina, más corta puede ser (y por lo tanto más ligera), facilitando así su manipulación.

- c) A la brida de la válvula "sandwich" se acopla una máquina de taladrar.

Esta máquina consta basicamente de un árbol largo dentro de una vaina; dentro del árbol hay un tornillo sin fin, que automáticamente desplaza la barra de taladrar cuando entra en rotación.

Las máquinas de taladrar pueden ser accionadas neumática, hidráulica o manualmente. La parte inferior de la barra lleva conectada una fresa; la debida precaución debe tomarse para que la máquina quede bien alineada en relación con el diámetro interior de la válvula.

- d) Se abre la válvula y se baja la fresa hasta que toque la tubería. Antes, se debe determinar cuidadosamente el recorrido requerido para terminar el taladro y marcarlo en la barra-regleta de medidas de la máquina de taladrar. A continuación se comienza con dicha operación. Cuando se inicia la penetración del taladro pasa el fluido hacia el cilindro obligando al aire a salir a través de una válvula de purga conectada al cilindro o vaina de paso.

Cuando el producto empieza a salir, todo el aire ha sido purgado y la válvula de purga puede cerrarse.

- e) Cuando se ha terminado la taladración (fig. 4), se retrae la fresa hacia el interior del cilindro de paso, se cierra la válvula "sandwich" y se libera la presión mediante la válvula de purga. A través de esta misma purga se puede comprobar si la válvula "sandwich" esta bien cerrada. A continuación ya se puede desmontar la máquina de taladrar.

La fresa lleva en el centro una especie de broca piloto que retiene el trozo de pared de tubería que se ha eliminado (fig. 5) de tal forma que ésta se extrae junto con la fresa.

1.2 Sustitución de un Tramo de Tubería

Supongamos ahora que se trata de reemplazar un tramo de oleoducto por estar la pared del tubo en malas condiciones y que, como es lógico, no se desea interrumpir el paso del petróleo. La secuencia de operaciones sería la siguiente (fig. 6).

- a) Se sueldan en cada extremo del tramo de tubería a reemplazar dos acoplamientos como los de la fig. 1.
- b) Se realizan los taladrados siguiendo el procedimiento indicado anteriormente (fig. 6.b).

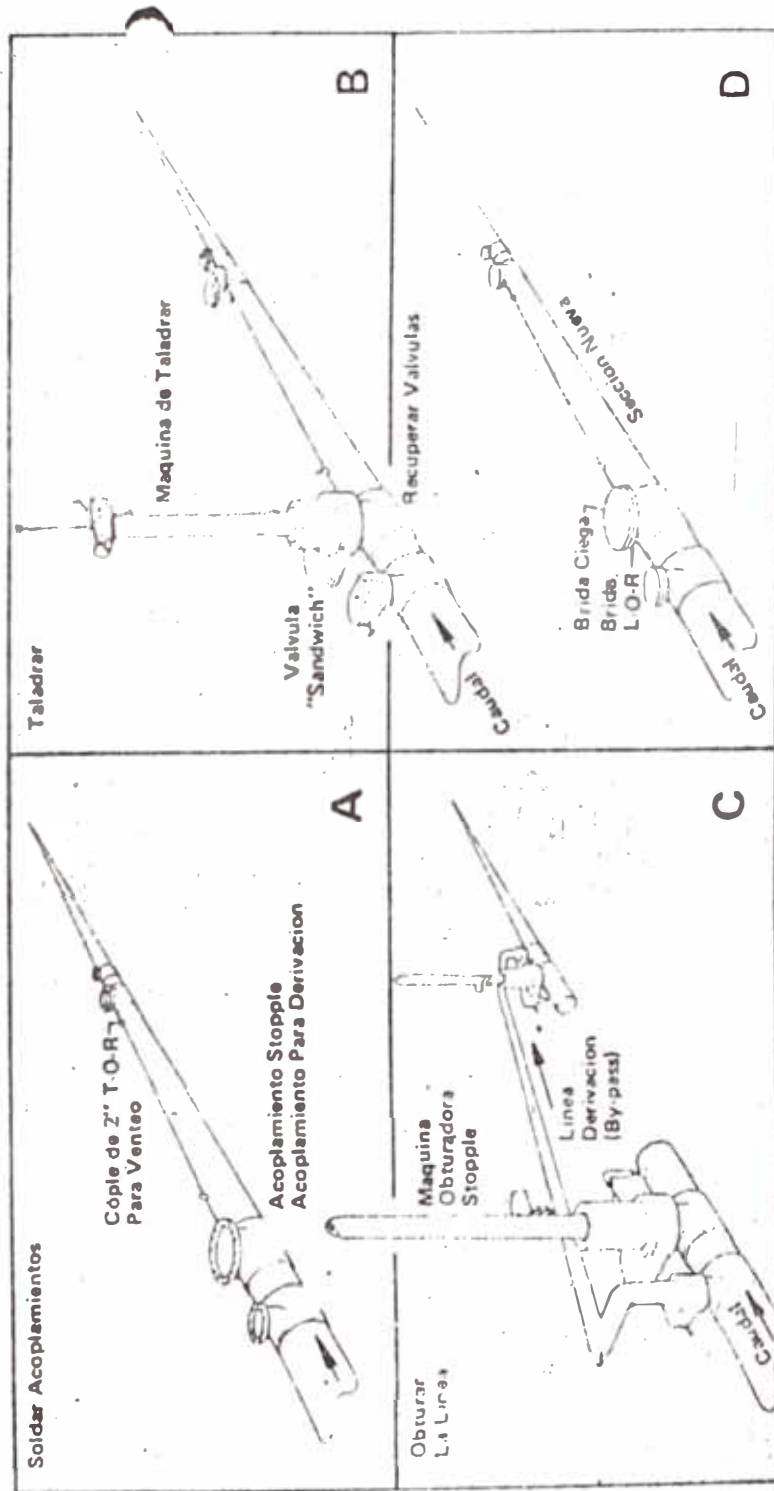


Fig. 6. Procedimiento para reemplazar un tramo de tubería en servicio. A) Soldar acoplamiento, B) Instalar valvulas "sandwich" y taladrar, C) Instalar by-pass, obturar y cortar, D) Recuperar las valvulas.

c) Se coloca una tubería de by-pass en paralelo con la línea principal (fig. 6.c) y se abren las correspondientes válvulas "sandwich". Generalmente el tamaño de la línea de by-pass tiene la mitad del diámetro de la principal.

d) A continuación se procede a obturar ambos extremos de la tubería principal mediante una máquina obturadora para así poder proceder a cortar la tubería. Se comienza a obturar el situado aguas abajo.

El elemento obturador (fig. 7) se introduce por la válvula "sandwich", en forma parecida a como anteriormente se introdujo la broca y está diseñado de tal forma que al presionarlo contra el fondo de la tubería gira y obstruye por completo el paso de la misma (fig. 8).

Lleva un asiento de caucho reforzado que se ajusta perfectamente al diámetro interior de la tubería y está diseñado de tal forma que cuando posteriormente se corte la tubería principal o se despresurice mediante la conexión de purga, la presión del fluido contribuya a mejorar el cierre.

e) Una vez que ambos extremos han sido obturados, se puede proceder a cortar el tramo aislado y a reemplazarlo por otro.



Fig. 7. Maquina de obturar.

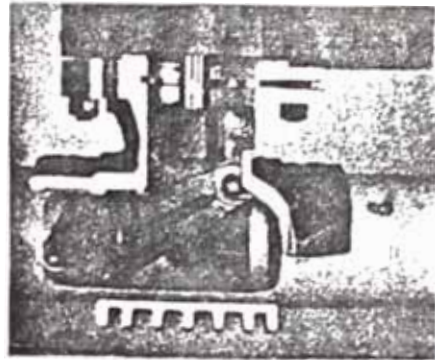


Fig. 8. Obturador en posicion.



Fig. 9. Conjunto de acoplamiento, tapon y brida ciega.

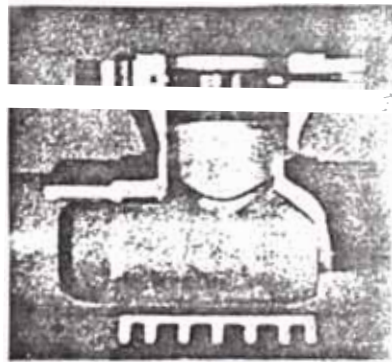


Fig. 10. Tapon en posicion.

- f) Una vez soldado el nuevo tramo se presuriza mediante la pequeña conexión auxiliar que se muestra en la fig. 6.c
- g) Cuando la presión ha sido igualada se procede a extraer los obturadores, cerrar las válvulas "sandwich" y desmontar las máquinas de obturar.
- h) A continuación se puede demontar la línea by-pass.
- i) Si se desean recuperar las válvulas "sandwich" se puede introducir un tapón permanente, de forma parecida a como se introdujeron anteriormente la broca y el obturador hasta la brida de acoplamiento. Dicho tapón (fig. 9) se fija en la posición correcta (fig. 10) mediante unos tornillos que atraviesan la brida. El sellado se realiza mediante una junta Tórica.

A continuación se desmonta la válvula "sandwich" y se coloca una brida ciega (fig. 9).

1.3 Condiciones de Operación de Flujo del Oleoducto Nor-Peruano

El oleoducto se diseñó para operar con la tubería totalmente llena y parcialmente llena. Las porciones del oleoducto consideradas por diseño para operar con tubería parcialmente llena son los siguientes Km.

Km 325.6 al Km 328

Km 457.6 al Km 461.0

Km 672.3 al Km 692.0

El resto del Oleoducto se diseñó para operar con la tubería totalmente llena.

Detallando lo anterior tenemos lo siguiente:

En general en oleoductos que cruzan terrenos montañosos (caso del ONP) se presenta a menudo el problema de reducir en poca distancia la presión que ha sido necesario aplicar al fluido dentro de la tubería, por necesidad de la altura a vencerse. Llegado el punto más alto, el fluido se precipita bruscamente por la tubería en la vertiente opuesta del cordón montañoso vencido.

Basta esquematizar cualquier perfil imaginario bajo estas condiciones para ver que de no reducirse la presión inmediatamente debajo de la cima, cuando se opera la línea como un conducto a presión, al agregarse la presión estática correspondiente al diferencial topográfico, se producirá presiones totales de un orden descomunal e imposibles de soportar en tuberías de pared standard.

Basado en esta consideración, la tubería en las secciones seña-

ladas opera parcialmente llena bajo el principio del "Método de Caída de Caudal" que puede ser descrito como el método "natural", mediante el cual la energía disponible no requerida en el sistema es disipada. El líquido en la tubería fluye sólo a una velocidad proporcional al declive del perfil en ese punto y de esa forma incrementa la caída de presión en esa parte de la línea. Cuando la velocidad excede la correspondiente a la de una línea a presión, la sección del fluido decrece y la línea opera sólo parcialmente llena.

Este tipo de operación es análoga al arroyo de una montaña, donde la corriente aumenta y decrece a medida que el declive del lecho del arroyo cambia.

Es por eso que según diseño del flujo en la tubería en algunas secciones se previó para que la tubería operara parcialmente llena, utilizando la caída de caudal con la consiguiente limitación de la presión máxima.

1.4 Características del Petróleo Crudo

Dos rangos de características de petróleo crudo fueron considerados, para cada sección del oleoducto. De acuerdo a esto el diseño del sistema se basó en una temperatura de flujo del petróleo crudo de 18°C (65°F) y con características del petróleo crudo como se especifica.

Sección 1:

Tubería 24" Ø

Peso específico 0.905 (25º API a 60ºF)

Viscosidad 52 cSt

Sección 2:

Tubería 36" Ø

Peso específico 0.895 (26,8º API a 60ºF)

Viscosidad 38 cSt

1.5 Consideraciones Generales para la Soldadura y Tendido de Tubería

1.5.1 Conceptos Teóricos Fundamentales

1.5.1.1 Principios de Soldadura

La soldadura se define como una coalescencia localizada de metal que se produce mediante calentamiento a temperaturas convenientes, con aplicación de presión o sin ella y con utilización de metal de relleno o sin él. El metal de relleno puede tener aproximadamente el mismo punto de fusión que los metales base (como en la soldadura de arco o con gas), o puede tener un punto de fusión inferior pero arriba de 800ºF (427ºC) como en la soldadura fuerte. Según esta definición, la soldadura es distinta de la unión mecánica y de la ligazón adhesiva. El límite de 800ºF distingue a la soldadura fuerte de la soldadura suave, la

cual no se analiza.

La definición incluye como 34 procesos diferentes que caen bajo seis categorías generales: soldadura de arco, soldadura con gas, soldadura de resistencia, soldadura fuerte, soldadura de estado sólido y otros procesos. De éstos, los primeros cuatro son muy importantes en la industria.

1.5.1.2 Soldadura de Arco

La soldadura de arco se define como un grupo de procesos de soldar en que se produce coalescencia mediante calentamiento con un arco o con arcos eléctricos, con aplicación de presión o sin ella y con la utilización de metal de relleno o sin él. Los procesos de más importancia son el arco metálico protegido, la soldadura de arco sumergido, la soldadura de arco con gas Tungsteno, la soldadura de arco metálico con gas y la soldadura de puntos con arco. Hay otros procesos; algunos con variaciones.

En todos estos casos, se mantiene un arco entre el electrodo y las piezas de trabajo (o entre dos electrodos), que forman las terminales de un circuito eléctrico. El empleo de corriente directa o alterna puede depender del proceso, del metal de relleno, del tipo de protección, del metal base o de otros factores.

Los procesos de soldadura pueden ser manuales, semiautomáticos (parcialmente mecanizados), o automáticos (completa-

mente mecanizados).

El arco de soldadura, más que una fuente de calor, el arco es una mezcla compleja de partículas de gas ionizado aceleradas a través de un campo eléctrico, limitado por su campo magnético y que ejerce un profundo efecto en la transferencia del metal de relleno. El comportamiento del arco depende del metal de relleno, del metal base, del tipo de protección, de las características del circuito y de otros factores.

En un arco de corriente directa de electrodo desnudo, se libera más calor en la terminal positiva (ánodo) que en la terminal negativa (cátodo); en un arco de corriente alterna, el calor es aproximadamente el mismo en ambos terminales. La polaridad del electrodo afecta no solo la entrada de calor, sino la penetración de la soldadura, la fluidez y la transferencia de metal. Por su acción en el arco, los fundentes y los gases de protección mejoran, retardan o regulan estos efectos.

En la soldadura de arco de corriente directa, polaridad directa significa que el electrodo está en la Terminal negativa; y polaridad inversa, que está en la Terminal positiva. La otra terminal en cada caso se conecta a la pieza de trabajo.

Hay una relación directa entre la longitud del arco y el voltaje del arco; tanto más largo sea el arco, más alto es el voltaje.

La relación prevista depende de las condiciones del arco, es decir, arcos metálicos desnudos, arcos con electrodos cubiertos, arcos sumergidos o arcos en atmósferas de gases. Según estas condiciones, hay diversas longitudes de arco para lograr condiciones óptimas de soldadura.

Las máquinas para soldadura de arco pueden ser conjuntos motogenerador, conjuntos de rectificador, transformadores o generadores impulsados por motores primarios comunes. Los conjuntos motogenerados constan de un generador de corriente directa para soldar, conectado a un motor de c.a o c.d. Los conjuntos de rectificador emplean un transformador reductor de una fase o de tres fases, cuya salida es alimentada a los rectificadores para producir corriente directa. Las máquinas para soldar de transformador son transformadores reductores monofásicos que suministran energía de c.a. para soldar.

Las unidades de motogenerador, rectificador y de transformador, se usan en los talleres y en las localidades de campo en donde existen líneas de energía. Las máquinas impulsadas con motor (de combustión interna) se usan en el

trabajo de campo, en donde no se dispone de líneas de energía.

La protección sirve para separar el oxígeno y el nitrógeno del aire del arco y del metal, con lo cual se evita la formación de óxidos y nitruros que disminuyen la ductibilidad del metal de soldadura y algunas veces la resistencia. La protección puede lograrse por 1) aplicando una cubierta de fundente (generalmente extruido) sobre el alambre del núcleo, 2) un fundente pulverizado acumulado sobre el área de soldadura y el extremo terminal del electrodo, 3) un flujo de gases inertes o activos, o mezclas de gases, proyectados alrededor del arco y metal fundido.

La soldadura de arco metálico protegido emplea electrodos cubiertos y puede realizarse con fuentes de energía c.a. o c.d. Es el método más usado y con aplicación en aceros dulces y de aleación, aceros inoxidable y, en grado menor, en metales no ferrosos. El electrodo se fija en un portaelectrodo, que tiene un cable que conduce a la fuente de energía. La pieza de trabajo se conecta eléctricamente a tierra. Se hace tocar la punta del electrodo con la pieza de trabajo para establecer el circuito y luego se retrae ligeramente, iniciando el arco. En general, con electrodos de acero dulce y de baja aleación, la soldadura en las posiciones plana y horizontal puede realizarse con electro-

dos de 7.9 mm (5/16 pulg) de diámetro y menores. En las posiciones vertical y sobrecabeza, los electrodos de 3/16 pulg. o menos es lo usual.

El voltaje del arco va desde 20 a 40V, más o menos; la corriente de 20 a 500 amp, aproximadamente, lo que depende sobre todo del tamaño del electrodo.

Las cubiertas del electrodo sirven para varios propósitos:

1) para facilitar el establecimiento y mantenimiento del arco; 2) para proteger del aire al metal fundido; 3) para proveer fundente de los metales que se funden, particularmente con los metales no ferrosos; 4) para proveer un medio de introducir elementos de aleación no contenidos en los alambres de núcleo.

Las especificaciones para Electrodo Cubiertos para Soldadura de Arco de Acero Dulce (AWS A5.1-69) enumera 12 clasificaciones basadas en requerimientos químicos, propiedades mecánicas, tipos de cubierta del electrodo, el uso y la sanidad. La adaptabilidad es la capacidad de un electrodo para pasar la prueba de soldadura de filete, cuando se usa en las posiciones y con el tipo de corriente para los que está destinado. La sanidad se basa en la comparación de las radiografías de metal fundido con las gráficas de porosidad de la norma. El tipo de cubierta y su condición, cuando se usa, son los factores fundamentales que determi-

nan la adaptabilidad y sanidad. Las 12 clasificaciones se subdividen en dos grupos: la serie E60XX y la serie E70XX. Por ejemplo, en la designación E6010, "E" designa un electrodo, los primeros dos dígitos indican la resistencia mínima de tracción en miles de lb/pulg² del metal depositado en la condición como resulta en la soldadura, el tercer dígito indica la posición en que el electrodo es capaz de hacer soldaduras satisfactorias, y el último dígito designa el tipo de cubierta sobre el electrodo y el tipo de corriente con la que se va a usar. Las diferencias principales entre la serie E60XX y la serie E70XX son las propiedades mecánicas y la serie de requerimientos químicos para la serie E60XX.

1.5.1.3 Inspección de Soldadura

Los métodos de inspección de soldadura empleados para las condiciones de trabajo en el campo, son el método de líquidos penetrantes, que es un método económico, portátil, que puede inspeccionarse visualmente y los resultados son de fácil interpretación; y la inspección radiográfica, rayos X, la cual se puede realizar con equipos portátiles y tener los registros en películas.

a) Método de líquidos penetrantes

Las pruebas de líquido penetrante se aplican para localizar defectos abiertos a la superficie de materiales no porosos. El líquido penetrante se aplica a

la superficie del objeto que se prueba por medio de brocha, rocío, flujo o baño. Para que penetre el líquido en los defectos de superficie se requiere tiempo (1 a 30 minutos). El exceso de penetrante se quita después cuidadosamente de la superficie, y la capa absorbente, conocida como revelador, se aplica al objeto para sacar penetrante de los defectos y, así, mostrar su localización, forma y tamaño aproximado. El revelador típico es un polvo fino, como talco generalmente en suspensión en un líquido. Los tipos de líquidos penetrantes son 1) para prueba en luz visible, y 2) para prueba bajo luz ultravioleta (3650 \AA). La sensibilidad de la prueba penetrante es mucho más grande, cuando se usa un penetrante fluorescente y el objeto se observa en un local semioscuro. Después de la prueba, el penetrante y el revelador se quitan lavando con agua, a veces con un emulsificador o con un solvente.

b) Método de radiografía

Los métodos de prueba radiográficos emplean rayos X, rayos gamma o similar radiación penetrante para revelar defectos, discontinuidades, inclusiones, espesor o estructura de los objetos. Se usan las longitudes de onda de energía electromagnética de la región de 0.01 a 10 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$) para examinar el interior de los materiales opacos. La radiación penetrante pro-

cede desde su fuente en líneas rectas hasta el objeto que se prueba. Los rayos son absorbidos en forma diferente por el objeto, lo cual depende de la energía de la radiación y de la naturaleza y espesor del material.

Los rayos X de variedad de longitudes de onda resultan cuando repentinamente se detienen los electrones de alta velocidad en un tubo de vacío. Un tubo de rayos X contiene un filamento caliente (cátodo) y un blanco (ánodo); la intensidad de la radiación es casi directamente proporcional a la corriente del filamento (mA); el voltaje del tubo (KV) determina la capacidad de penetración de los rayos. A medida que aumenta el voltaje, se producen rayos X más intensos y de longitudes de onda más corta. Cuando aumenta la energía de la radiación penetrante, también decrece la diferencia de atenuación entre materiales. Como consecuencia se obtiene más contraste de imagen de película a voltaje inferior, y puede radiografiarse de una vez a voltaje superior por una mayor serie de espesores.

Una radiografía es un registro fotográfico producido por el pasaje de radiación penetrante sobre una película. Un vacío o masa reducida aparece como una imagen más oscura en la película, a causa de la menor absorción de energía y la exposición adicional resul-

tante de la película. La cantidad de rayos X absorvida por un material aumenta, en general, según aumenta el número atómico.

Una radiografía es una imagen de sombras, puesto que los rayos X y los rayos gamma siguen las leyes de la luz en la formación de sombras. Cuatro factores determinan la mejor claridad geométrica de una imagen:

- 1) El tamaño efectivo del punto focal de la fuente de radiación debe ser tan pequeño como sea posible.
- 2) La distancia de la fuente del objeto debe ser adecuada para la apropiada definición del área del objeto más alejada de la película.
- 3) La película debe estar lo más próxima posible al objeto.
- 4) El área de interés debe estar en el centro de los haces de rayos X, perpendicular a ellos y paralela a la película de rayos X.

A causa de la variedad de factores que se relacionan con la producción y las mediciones de una imagen de rayos X, en general, se seleccionan los factores de operación de tablas o gráficas de referencia que se han preparado de los datos obtenidos, para una serie de condiciones de operación.

Todos los materiales pueden inspeccionarse por medios radiográficos, pero hay limitaciones para las configu-

raciones de materiales.

Las normas radiográficas son publicadas por ASTM, ASME, AWS y API, principalmente para el descubrimiento de falta de penetración o la falta de fusión en objetos soldados. Los objetos de metal fundido se radiografían para revelar condiciones como contracción, porosidad, gotas calientes, defectos por falta de calor, inclusiones, estructura gruesa y rajaduras.

El método más común para utilizar la radiación penetrante es el de la película.

1.5.2 Trabajos Preliminares

1.5.2.1 Zanjado para el Oleoducto

A. La zanja para la tubería se excavará siguiendo el eje del trazo de la tubería que ha sido estacada.

Se marcará con estacas el eje longitudinal de la zanja y se pondrán banderolas en los límites del área de trabajo de la pista.

B. La excavación de la zanja se efectuará antes de la operación de doblado y tendido.

C. El ancho mínimo de la zanja debe ser 46 cm (18 pulg.) mayor que el diámetro externo del tubo.

- D. La mínima profundidad de la tapada del tubo será la que se indique en planos. Donde no se indique ninguna profundidad mínima de tapada del tubo, dicha profundidad mínima será de 60 cm.

Deberán tomarse todas las precauciones posibles para evitar daños y lesiones a personas y bienes, a peces y a animales de caza. En ningún caso se usará el dinamitado.

La profundidad de la tapada del tubo será medido desde la parte superior del tubo hasta el nivel del terreno natural no disturbado circundante. No debe considerarse que los rellenos de la pista agreguen profundidad a la tapada del tubo.

- E. El fondo de la zanja debe ser nivelado de manera de dar el máximo soporte a la tubería cuando sea colocada en su lugar.

La instalación del tubo en la zanja debe ser hecha de conformidad con la última edición de ANSI B 31.4, párrafo 434.11. (Ver Anexo A).

- F. Con respecto a la excavación de la zanja, esta podrá ser hecha con mayor profundidad, que lo que se indica

en los planos o que se excave una zanja más ancha, que la medida indicada, esto se hace con la finalidad de eliminar excesivas curvas y tender debidamente la tubería en los cruces de caminos, senderos, trochas, ríos, riachuelos y otras ubicaciones de tipo similar, lo que permitirá que los tubos sean doblados y tendidos dentro de los límites especificados, esto es en relación con los límites máximos permitidos para el doblado elástico de los tubos.

- G. La zanja deberá ser mantenida en buen estado hasta que la tubería esté tendida en su lugar.

Para esto, donde resulte necesario se contará con pilotes, materiales de apuntalamiento, gatas, bombas, filtros de pozo, etc, como sean necesarios para excavar y mantener la zanja en buen estado hasta que la tubería esté tendida en su lugar.

- H. Cuando se halle en el fondo de zanja, grava, roca y/u otros materiales, la zanja deberá excavarse hasta una profundidad adicional de 15 cm y se rellenará el fondo de la zanja con un material aceptable tal como arena o tierra blanda que esté libre de rocas y piedras. La profundidad del relleno debe ser tal que el tubo en posición esté separado por lo menos 15 cm del material duro.

I. La intención es que haya un mínimo de nivelación manual del fondo de la zanja. Para lograr esto, se excavará una zanja de fondo plano y lados a escuadra. Deberá entonces hacerse el trabajo de zanjeo manual que sea necesario a fin de eliminar del fondo de la zanja las piedras sueltas, trozos de arcilla dura y para extraer raíces y todo otro material extraño del fondo y costados de la zanja.

El fondo de la zanja debe ser pues nivelado para dar el máximo de apoyo a la tubería cuando sea colocada en su lugar.

En condiciones poco usuales, podrán insertarse cojines de arena compactada en la zanja a intervalos adecuados para sostener debidamente a la tubería, colocándose luego el tubo en su lugar.

Los tramos libres entre cojines serán rellenos con arena que será forzada por debajo de la tubería.

1.5.2.2 Doblado de la tubería

A. El fondo de la zanja deberá tener curvas horizontales y verticales en los puntos de inflexión donde los cambios de nivel o de alineamiento horizontal sean tales que la tubería no se ajuste a dichos cambios en

forma elástica. En ningún caso los radios de las curvas serán menores que cuarenta (40) veces el diámetro externo de la tubería a colocar.

- B. En todas las curvas se colocarán tubos doblados en frío de acuerdo a la última edición de la norma ANSI - B31.4, párrafo 434-7.

- C. Todos los dobleces deberán ser hechos de tal forma que asegure, que el tubo se apoye en la zanja con un soporte uniforme, mantenga la profundidad necesaria de tapada y cuando esté en su posición definitiva dentro de la zanja no esté sometido ni a tensión ni a compresión.

- D. La curvatura será de un radio uniforme y distribuida en la mayor longitud del tubo como sea razonablemente posible y deberá permitir el paso de chanchos (pigs) utilizados en la operación normal del oleoducto.

No se harán curvas dentro de los dos metros del extremo de un tubo o dentro de los 60 cm de una soldadura circunferencial.

La soldadura longitudinal del tubo no se colocará en la superficie convexa o cóncava de una curva.

Para las curvas en el plano horizontal, la soldadura longitudinal se colocará en la parte superior de la curva.

Para las curvas en el plano vertical, la soldadura longitudinal se colocará al costado del tubo.

No será aceptada ninguna curva donde la diferencia entre el diámetro más grande y el más pequeño del tubo en cualquier punto de la curva sea mayor que:

20 mm para el tubo de 24"

30 mm para el tubo de 36"

- E. Se replanteará y medirá los tubos de manera que no resulte ninguna pieza cortada cuya extensión sea menor a los dos (2) metros.

No obstante lo que antecede, la distancia mínima entre cualquiera dos soldaduras circunferenciales será de dos (2) metros y no habrán más de tres (3) soldaduras circunferenciales dentro de un tramo de ocho (8) metros.

La medición de las curvas y el doblado se efectuarána después que la zanja haya sido preparada con su nivel final

1.5.2.3 Alineado y Soldadura de la Tubería

A. General

Se alineará y soldará los tramos de tubos entre sí para formar una tubería continua y todas las soldaduras que se hagan en la tubería deben ser por lo menos de una resistencia igual a la del tubo y deberán tener la calidad especificada del caso.

B. Limpieza, biselado y cuidado de los extremos de los tubos

No se debe permitir suciedad ni rezagos en la tubería. Antes del alineamiento, el interior de cada tubo será debidamente limpiado ya sea mediante el uso de un disco de banda de cuero o lana del diámetro apropiado o por cualquier otro método que se ajuste a las normas.

Inmediatamente antes del alineamiento de los tubos para su soldadura, los extremos biselados de cada tubo y el área inmediatamente adyacente a los mismos serán limpiados a fondo de pintura, óxidos, costras, suciedad u otras materias extrañas mediante el uso de cepillos de alambre motrices o lijadoras de disco motorizadas o mediante otros métodos que se ajusten a las normas técnicas.

Si los extremos de los tubos están abollados de manera que no pueden ser correctamente alineados y si el área abollada es poco extensa y el acero no ha sido estirado, cortado o partido, el tubo podrá ser llevado a su forma mediante una gata apropiada e impactos debidamente aplicados utilizando un marrón achatador de bronce.

Los extremos de tubos volverán a cortarse y biselarse según sea necesario para mantener el espaciamiento y alineamiento correcto del tubo.

Todos los biselados de la tubería de línea deben hacerse con máquina biseladora y soplete oxiacetilénico. No debe ser permitido el biselado a mano. Todos los biselados de obra serán cortados y terminados en ángulos rectos al eje longitudinal del tubo, en forma uniforme y sin superficies ásperas. Se utilizará una lijadora mecánica para darle al corte un acabado que deje un bisel y hombro similares al biselado de fábrica.

C. Alineamiento del Tubo

Todas las uniones serán alineadas con una abrazadera de alineamiento interno, salvo para los alineamientos de soldaduras de enlace o bajo condiciones excepcionales, ocasiones en las cuales podrá usarse una abra-

zadera de alineamiento externo. Todas las uniones serán alineadas y soldadas en un espaciado uniforme de aproximadamente 1.6 mm con un máximo de 2.4 mm. El máximo alti-bajo admitido es de 1.6 mm y cualquier desviación mayor que esta será espaciada uniformemente alrededor de la periferie o corregida con un marrón conveniente con cara de bronce o utilizando un achata-dor. El tubo no debe ser marcado por el martillo.

Cuando se está alineando tubos con costura, el tubo será orientado de manera que cuando sea colocado dentro de la zanja, la costura se hallará en la superficie superior de la tubería y dentro de un área de treinta (30) grados a cada lado del centro superior del tubo, salvo en las curvas verticales. En este último caso la costura se hallará en el eje neutro de la curva tal como ha sido especificado en el doblado. En el alineamiento normal de tramos rectos, las costuras consecutivas serán colocadas alternativamente a derecha e izquierda del eje vertical de manera que estén desplazadas una de la otra por lo menos 15 cm.

El tubo debe ser debidamente soportado para proporcionar un espacio libre de 40 cm entre la unión que será soldada y el terreno.

D. Procedimiento de Soldadura

a. Método de Soldadura

Todas las soldaduras en obra serán realizadas por el método descendente utilizando el proceso de arco metálico protegido. La soldadura de uniones múltiples podrá ejecutarse ya sea manualmente o por procesos automáticos, siempre que el proceso esté de acuerdo con un procedimiento calificado.

b. Electrodo

Los electrodos conformarán con las siguientes clases y tamaños de AWS SEA 5.1 y 5.5 (SA-233).

<u>Cordón de Soldadura</u>	<u>Electrodo</u>	
	<u>Clase</u>	<u>Tamaño</u>
Inicial	E 6010	1/8 o 5/32
Pasadas en caliente	E 7010 A1	5/32
Pasadas de relleno	E 7010 A1	5/32 ó 3/16
Pasado de cierre	E 7010 A1	5/32 ó 3/16

Igual a: Lincoln Fleetweld - 5P - 6010

Lincoln Shield Arc - 8SP - 7010

c. Punteado

Quando se usan alineadores internos, no se permitirá el punteado. Si se utiliza el punteado en (enlaces y accesorios), será considerado como

parte del cordón inicial y deberá satisfacer todos los requisitos de calidad de la soldadura especificadas para el tendido de tubería. El punteado de pinzas de puesta a tierra o de casquetes de cierre nocturno queda prohibido.

d. Cordón Inicial

El cordón inicial será depositado de manera de fundir completamente los bordes salientes del bisel de los tubos. Habrá una penetración completa con un refuerzo interno promedio de 1.6 mm y máximo de 3.2 mm. Se utilizarán por lo menos dos soldadores, operando simultáneamente en cuadrantes opuestos, al soldar el cordón onicial. El tubo no debe ser movido durante la ejecución del cordón inicial. Cuando se utilizan abrazaderas de alineamiento interno, éstas no serán removidas hasta que se haya completado el cordón inicial. Los soldadores del cordón inicial no repararán ningún defecto; éstos serán reparados por los soldadores de la pasada en caliente.

e. Pasada en Caliente

Por lo menos dos soldadores serán usados simultáneamente en la pasada en caliente. Para tubos API-5-LX y 5 LS el tiempo entre la terminación del cordón inicial y el comienzo de la pasada en

caliente no excederá los cinco minutos. La pasada en caliente quedará completamente fusionada al cordón inicial y a los tubos adyacentes. Por lo menos dos pasadas serán completadas en cualquier soldadura que sea dejada de un día para el siguiente.

f. Pasadas de Relleno

Cada pasade de relleno será concluída antes que se comience la siguiente pasada, salvo que puede utilizarse pasadas de alisamiento para rellenar las zonas bajas. El comienzo de las pasadas de relleno será hecho en zig zig solapando en forma completa el reborde previo. Cuando se utiliza el método de construcción por soldadura de tubos simples, las pasadas de relleno no estarán más de 1,500 metros detrás del equipo de pasada en caliente al final de la jornada de trabajo.

g. Pasada de Cierre

La pasada de cierre será ejecutada en forma de vaivén descendente. La soldadura terminada tendrá un refuerzo de 0.8 a 1.6 mm por encima de la superficie de la tubería.

E. Limpieza de Soldadura

Toda la escoria, nudos de metal de aporte y defectos superficiales serán eliminados entre pasadas. La limpieza puede hacerse con herramientas manuales o mecánicas.

F. Marcación de Soldaduras

Todas las soldaduras serán marcadas por los soldadores con lápiz de pintura o crayón impermeable de acuerdo con los números que se les asigne al momento de ser aprobados. Si se retira cualquier soldador, su número será anulado y no será duplicado en el proyecto. No se permitirá estampado con punzón.

G. Norma de Calidad de las Soldaduras

Todas las soldaduras igualarán o superarán las exigencias de las Normas para Soldadura en obra de Tuberías API Standards 1104, última edición. (Ver Anexo B).

H. Equipo, Herramientas y Suministros para Soldaduras

Todas las máquinas de soldar, abrazaderas de alineamiento, máquinas biseladoras, sopletes de corte y todo otro equipo, herramientas y suministros utilizados en conexión con el trabajo de soldadura deben ser mantenidos en buenas condiciones mecánicas de manera de producir soldaduras sanas. Las máquinas de soldar deben tener controles adecuados para la obtención de

ajustes de corrientes para todas las exigencias de la soldadura de tuberías. Deben proporcionarse suficientes medidores, portátiles o permanentes, para calibrar las máquinas y para regular los voltajes y amperajes como resulte necesario. Las pinzas de puesta a tierra deben ser de un diseño, tal que sean seguras y no produzcan arcos a la tubería y con un área de contacto tan grande como sea practicable.

I. Calidad y Protección de la Varilla para Soldar

Todos los electrodos para soldar, deben ser de una calidad y tipo aprobado y adecuado para la soldadura de tuberías. Los electrodos se guardarán y transportarán en recipientes o cajas adecuadas para evitar la humedad y otras causas de deterioro. Los electrodos de soldar que se encuentren deteriorados, defectuosos o dañados no deben ser utilizados en la tubería.

J. Calificación de los Soldadores

Se utilizará únicamente personal experto en soldadura. Cada soldador tendrá obligatoriamente que aprobar una prueba de soldadura para el tipo y métodos de soldadura que efectuará.

Las pruebas de capacidad se harán de conformidad con los requisitos del API Standards 1104, última edición.

K. Soldadura durante mal Tiempo

La soldadura no será realizada cuando las condiciones de tiempo no sean satisfactorias y puedan perjudicar la calidad de las soldaduras. Para esto se deberá aprovisionar de rompevientos y plataformas de soldadores, cuando las condiciones justifican su uso.

L. Casquetes para Protección Nocturna

Los extremos abiertos de la tubería distribuida serán cerrados en forma segura a la terminación de la labor de cada día mediante tapas metálicas convenientes para evitar la entrada de agua, basura, pequeños animales u otros objetos. Estas tapas no serán sacadas hasta que se recomience la labor. Cuando la línea se deja separada en algún tramo para ser unida luego bajo caminos, ríos, etc. también se cerrarán estos extremos. Las tapas no serán soldadas ni punteadas a la tubería.

M. Formación de Arco

No se permitirá que ningún electrodo de soldadura o puesta a tierra forme arco con la tubería salvo en el bisel mismo que se está soldando.

1.5.2.4 Empalmes del Oleoducto

Se realizarán todos los trabajos que sean necesarios para empalmar a la tubería, los tramos soldados en forma separada, de modo de formar un sistema continuo.

Para los empalmes finales, se tomará en cuenta la temperatura de la tubería.

Todo el biselado, alineamiento y soldadura se hará de conformidad con las especificaciones para el alineado y soldadura de la tubería.

Las soldaduras a realizar después que la tubería haya sido bajada a la zanja (soldaduras en huecos de campana) se hará únicamente cuando se haya habilitado espacio libre suficiente como para permitir al soldador que ejerza su capacidad y habilidad normal de soldar.

Se aplicarán las especificaciones para el doblado de la tubería en lo que respecta al largo mínimo de tubo que será empleado.

1.5.3 Códigos y Reglamentos

El oleoducto ha sido construido de acuerdo con el código de la ANSI (American National Standards Institute) B.31.4 para Tubería de presión, Sistema de Tubería para el Transporte de

Petróleo Líquido (Liquid Petroleum Transportation Piping System) Edición 1971). También de acuerdo a las normas para la soldadura de oleoductos e instalaciones conexas según API (American Petroleum Institute) Ltd. 1104-12th Edition Dec. 1971. (Ver Anexo A y Anexo B).

Las reparaciones y tendidos de nuevas líneas se ejecutan teniendo en consideración las últimas ediciones de estos códigos y reglamentos.

C A P I T U L O I I

MEMORIA DESCRIPTIVA

2.0 MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto tiene por objeto la construcción de un by-pass, el cual servirá para efectuar el reemplazo de un tramo del Oleoducto Nor-Peruano.

2.1 Ubicación y Acceso

2.1.1 Ubicación

La zona de trabajo está ubicada en el Departamento de Loreto, Provincia del Alto Amazonas, Distrito de Manseriche, en el Km 323 del Oleoducto Nor-Peruano dentro del área comprendida entre los ejes de coordenadas 1'580,000 N, 1'579,900 N, 539,250 E y 531,550 E de la Carta Nacional.

2.1.2 Acceso

El acceso al lugar donde se construirá el By-Pass, consiste en un desvío de aproximadamente 700 m de longitud contados desde una curva de la carretera entre las estaciones de bombeo Nº 6 y 5 a más o menos 18 Km de esta última.

Este desvío fue utilizado como trocha carrozable para efectuar labores de emergencia durante las roturas ocurridas en la zona, encontrándose actualmente intransitable, por lo tanto deberá prepararse la pista de acceso, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- 2.1.2.1 Se tendrá que despejar y desbrozar aquella porción del ancho total de la pista que sea necesaria para realizar en

debida forma el tendido de la tubería, como las construcciones que impliquen a este tendido. Este se hace con la intención de que se tale y extraiga todos los árboles y tocones* de la pista de manera de proporcionar acceso de vehículos de tracción en las cuatro ruedas a la línea, durante el período de construcción, tendido y prueba de la tubería.

El término "despeje" significa el corte y eliminación apropiada de árboles, cultivos agrícolas y maleza.

El término "desbroce" significa la extracción y la eliminación debida de tocones y raíces de árboles.

2.1.2.2 La pista tendrá que ser despejada en un ancho de 30 m o como resulte necesario. El área despejada se extenderá como mínimo 10 m a un lado y 20 m al otro lado del eje longitudinal de la tubería. El eje de la tubería se ubicará en una línea continua a 10 m desde uno de los límites de la pista.

2.1.2.3 La pista será desbrozada en un ancho de 30 m o como resulte necesario. Los huecos que queden después que los tocones hayan sido extraídos serán rellenados con un material de relleno apropiado y apisonado.

(*) Tocón: porción del árbol unida a la raíz que queda al cortarse por el pie.

2.1.2.4 Se deberá marcar con estacas al eje longitudinal de la tubería y los límites de la zona de trabajo de la pista, esto se hace con la finalidad de proteger la tubería, ya que el acceso se ubica sobre la tubería enterrada.

2.1.2.5 Deberán protegerse todos los hitos*, marcas o monumentos, si fuera necesario removerlos, esto se harán dentro de las normas y exigencias.

2.1.2.6 Se tendrá cuidado al eliminar el material sobrante que resulte de los trabajos fuera de los cursos de agua y de las zonas donde pueda producir una desviación del agua de la corriente principal causando deterioros a los caminos existentes, tierras cultivadas u otras propiedades.

Por tanto se deben tener en cuenta las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura máxima	40°C
Temperatura mínima	20°C
Velocidad del viento	60 nudos
Humedad relativa máxima	99%
Precipitación pluvial máxima	140 mm/24 hr

(*) Hitos: correspondientes al kilometraje del Oleoducto correspondientes a los B.M.

2.2 Descripción del Area

El área donde se va a desarrollar el proyecto constituye parte de los conrfuertes de la Cordillera Oriental, con elevaciones de hasta 900 msnm. El drenaje de la zona es principalmente de tipo rectangular, con la mayoría de las quebradas consecuentes, aunque existen algunas subsecuentes (caso actual).

En esta zona llueve todo el año y con mayor intensidad de Noviembre a Abril, por esta razón se deberá tener especial cuidado en mantener limpio el lugar de la obra y construir el drenaje necesario para evitar la acumulación del agua de lluvia y permitir la continuación de los trabajos lo más inmediato posible después de concluída la lluvia que por su magnitud, haya obligado a paralizar aquellos trabajos afectados directamente por la lluvia, especialmente los trabajos de movimientos de tierra, excavaciones, así como también proveer la cobertura necesaria para no detener los trabajos de soldadura de la tubería.

En la zona donde se ubicará el puente afloran arcillitas rojas de la base de la formación Capas Rojas (inferiores del terciario), luego arcillitas y limotitas rojas - púrpura de grano fino, de estratificación media, calcáreas y duras.

La quebrada sobre la que se construirá el puente, está cubierta por un relleno aluvional que se desliza lentamente por acción de la gravedad, en dirección perpendicular al Oleoducto y con una pendiente promedio de 25º a 30º con la horizontal. El material

de este relleno aluvional (debris), se desliza sobre un fondo de arcillitas rojas y blandas, correspondientes a la base del terciario.

El material de este relleno está compuesto de bloques angulosos de arenisca gris púrpura fina, calcárea y dura, con una matriz de fragmento de roca, cantos rodados y lodo, que a manera de isla avanza en un cauce amplio por la quebrada.

Evidencias superficiales indican que esta masa se extiende de 400 a 500 metros hacia arriba y más de 100 m colina abajo. La investigación de refracción sísmica indica que el ancho es de aproximadamente 70 a 75 metros y el espesor varía de 10 metros en el lado Nor-Este a 3 metros en el Sur-Oeste.

2.3 Topografía

2.3.1 Verificación

Para la verificación topográfica se colocarán convenientemente tres (3) hitos en lugares próximos. Con cada hito será posible ubicar por lo menos dos esquinas del área a levantar. Los hitos serán estables y no deben estar sujetos a movimientos por las labores de construcción de la obra, condiciones del clima o condiciones regionales. Deben tener una placa de bronce anclada y en su parte superior se grabaran los datos de referencia.

El triángulo formado por los hitos tendrán los ángulos interiores no menores de 30° ni mayores de 120° . Se establecerán pues las coordenadas de los hitos respectivos.

Estos hitos se muestran en el plano de levantamiento topográfico. (Ver Lámina N°1)

BM - 1 :

BM - 2

BM - 3

2.3.2 Control Horizontal y Vertical

2.3.2.1 Control Horizontal

Será verificado mediante triangulación topográfica de apoyo, para lo cual se medirá una base determinada por dos (2) de los hitos instalados. La línea base contará con su respectivo azimut y deberá referirse al sistema de coordenadas aprobado.

La medición de ángulos desde los vertices del triángulo se realizará mediante métodos de repetición o reiteración con un mínimo de tres series, siendo la precisión angular requerida del orden del segundo.

La medida de la base se efectuará por lo menos en dos sentidos (ida y vuelta), debiendo lograrse una aproximación del orden del milímetro. Esta medida tendrá todas las

correcciones que requiera el método a usarse para la medición.

2.3.2.2 Control Vertical

En base a un BM determinado, se determinará las elevaciones de los hitos, mediante nivelación geométrica, comprobándose las cotas mediante circuito cerrado. El error admisible en el control vertical está dado por la expresión:

$$e = 0.022 \sqrt{L}$$

donde:

L = longitud del circuito en kilómetros

e = error admisible en milímetros

2.3.3 Levantamiento Topográfico

Levantamiento topográfico del área del proyecto tendrá como base la triangulación de apoyo descrita anteriormente, teniendo las siguientes características.

- * Escala 1/200
- * Curvas de nivel cada 0.50 m
- * Se mostrarán los hitos (vértices) y la base usados en el levantamiento.
- * Se mostrarán todos los detalles y/o accidentes topográficos y naturales, tales como pantanos, quebradas, arroyos,

afloramientos rocosos, tipo de vegetación, tanto en el área del proyecto como en zonas adyacentes.

- * Se mostrarán todas las obras existentes tales como carreteras, alcantarillas, muros, terraplenes, oleoductos, torres de comunicación, viviendas, etc.

C A P I T U L O I I I

LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL REEMPLAZO DE TRAMO DEFECTUOSO

3.0 LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL REEMPLAZO DE TRAMO DEFECTUOSO

Los casos en que un Oleoducto requiere ser reparado se pueden agrupar de la siguiente manera:

A. Cuando la tubería presenta perforaciones o agrietamientos; en este caso debemos utilizar un sistema de grapas para su reparación. Las grapas empleadas diseñadas especialmente para este tipo de reparaciones, tienen un sistema de empaquetadura que permite reanudar el bombeo una vez instaladas Ver Fig. 1.

Posteriormente y si se ha determinado que el problema es localizado y no es necesario el cambio de un tramo mayor de tubería, se procederá a soldar las grapas al tubo y quedará como una reparación definitiva; en caso contrario esta grapa puede ser recuperada.

B. En el caso de rotura de la tubería, la fuga de crudo es inmediata por lo que en ese sector la tubería queda descomprimida; luego la reparación se limita a reemplazar un tramo de Oleoducto con la tubería sin presión.

El procedimiento a seguir en estos casos es el siguiente:

- Limpieza de la zona
- Se determina la longitud del tramo por cambiar
- Se corta el tramo deteriorado

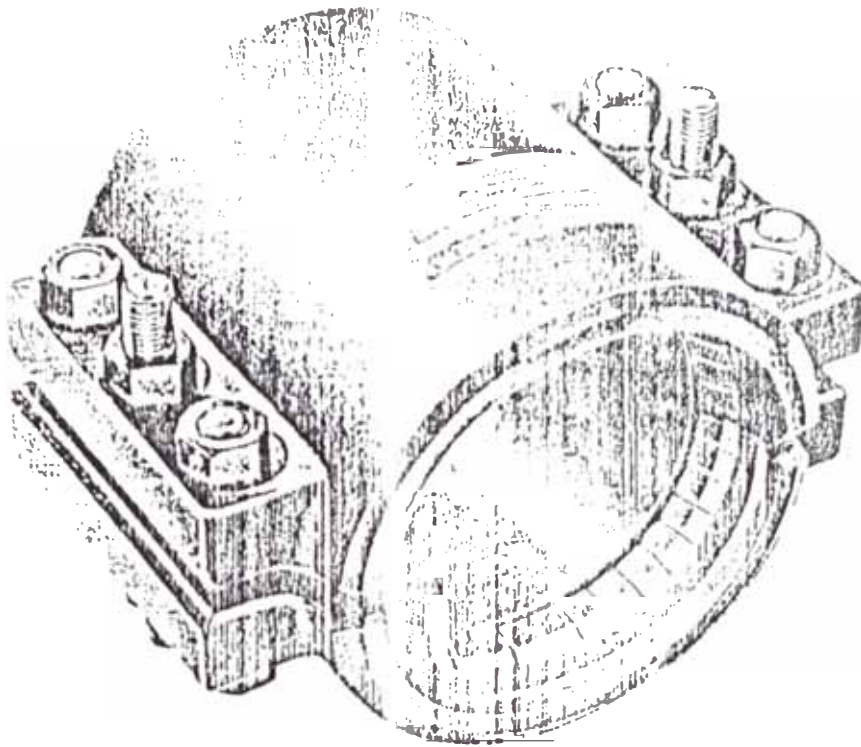


FIG. 1.- GRAPA

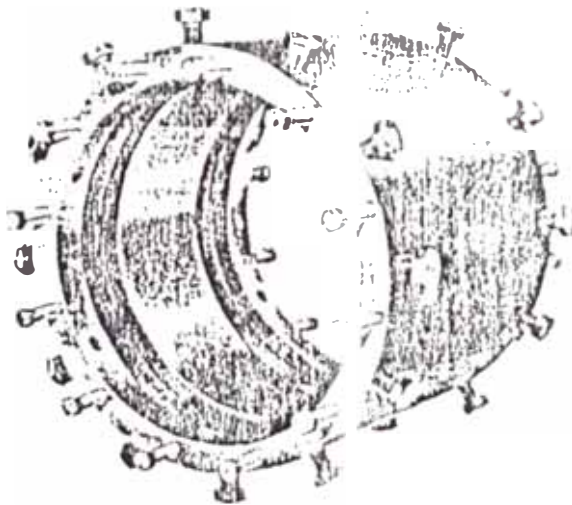


FIG. 2.- COPIE

- Se habilita el niple que reemplazará al deteriorado
- Se une este niple al Oleoducto ya sea soldándolo tope a tope en uno de los extremos y con un cople en el otro o utilizando coples en ambos extremos. Ver fig. 2.

Este caso de tubería descompresionada también se puede presentar cuando existe una abolladura en una zona que debido a la configuración del terreno y el perfil hidráulico, la tubería trabaja sin presión.

C. Existen casos en que se debe cambiar un tramo del Oleoducto, debido a problemas tales como: Deformaciones del tubo; disminución de espesores de la tubería debido a corrosión y que amenazan con una posible rotura; reubicación de un tramo del Oleoducto que se encuentra en una zona inestable la misma que puede originar la rotura de la tubería; o cualquier otra de consecuencias similares.

En estos casos y si es necesario realizar el trabajo con la tubería compresionada, ya sea por que así lo requiere la operación de bombeo o como consecuencia del perfil hidráulico de la tubería, se deberá proceder a cambiar el tramo de la tubería afectado, utilizando un equipo especial de taladrar y obturar el Oleoducto.

3.1 Reemplazo del Oleoducto con la tubería bajo presión

El caso en que se tiene que reparar el Oleoducto con la tubería compresionada, se presenta cuando la falla no es con fuga de petróleo tales como: Abolladuras, disminución de espesores u otras en que se dé esta condición.

Existen dos circunstancias fundamentales para que la tubería se encuentra bajo presión.

- Cuando es factible parar el bombeo por el Oleoducto, dada, las condiciones de operación, y la falla se encuentra en una zona baja entre dos columnas hidrostáticas que generan alta presión y el volumen de crudo a evacuar es tal que no resulta económico su traslado hacia la Estación más cercana. Ver Fig. 3.
- Cuando por condiciones de operación el bombeo no se puede parar. Ver fig. 4.

En estos casos el procedimiento de reparación es similar con la diferencia que en el segundo se instala una tubería provisional para derivar el flujo (By-pass), por donde pasará el producto mientras dure la reparación.

Entonces describiremos en detalle estos procedimientos de reparación, los cuales se efectúan con equipos especiales que

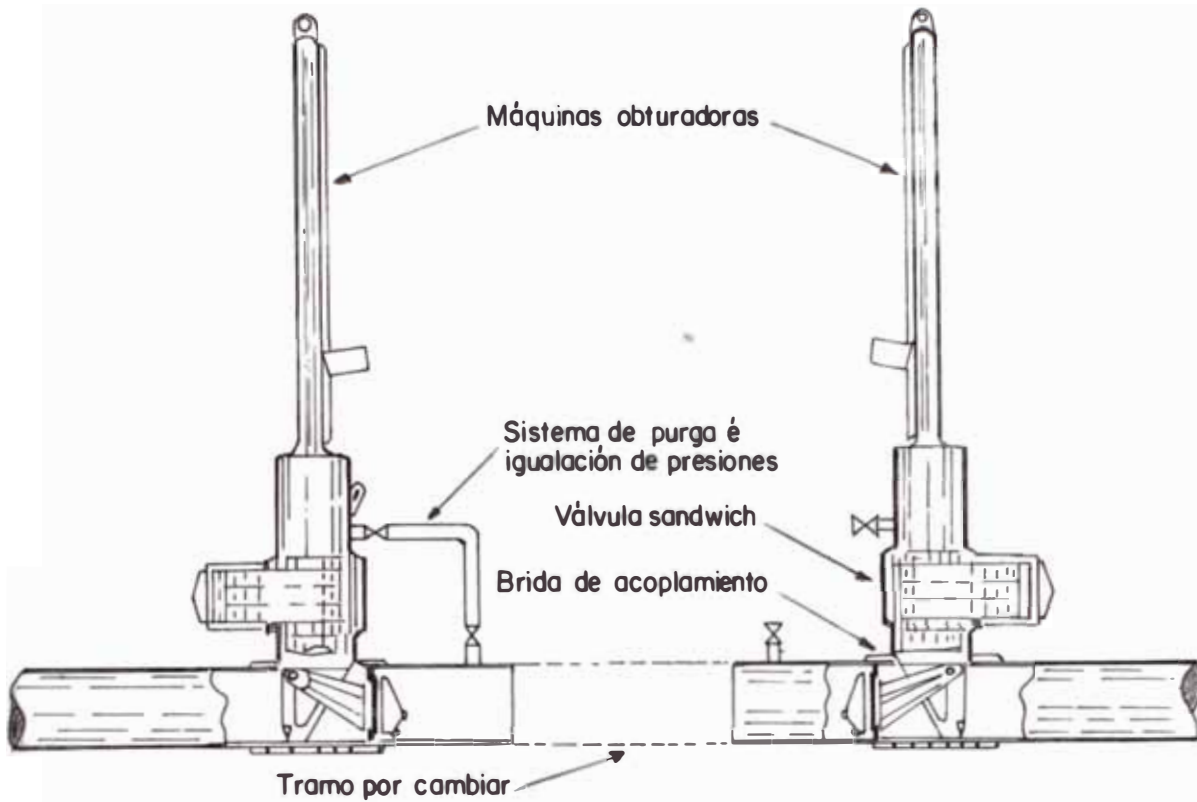


FIG. 3. REPARACION DEL OLEODUCTO SIN BOMBPEAR

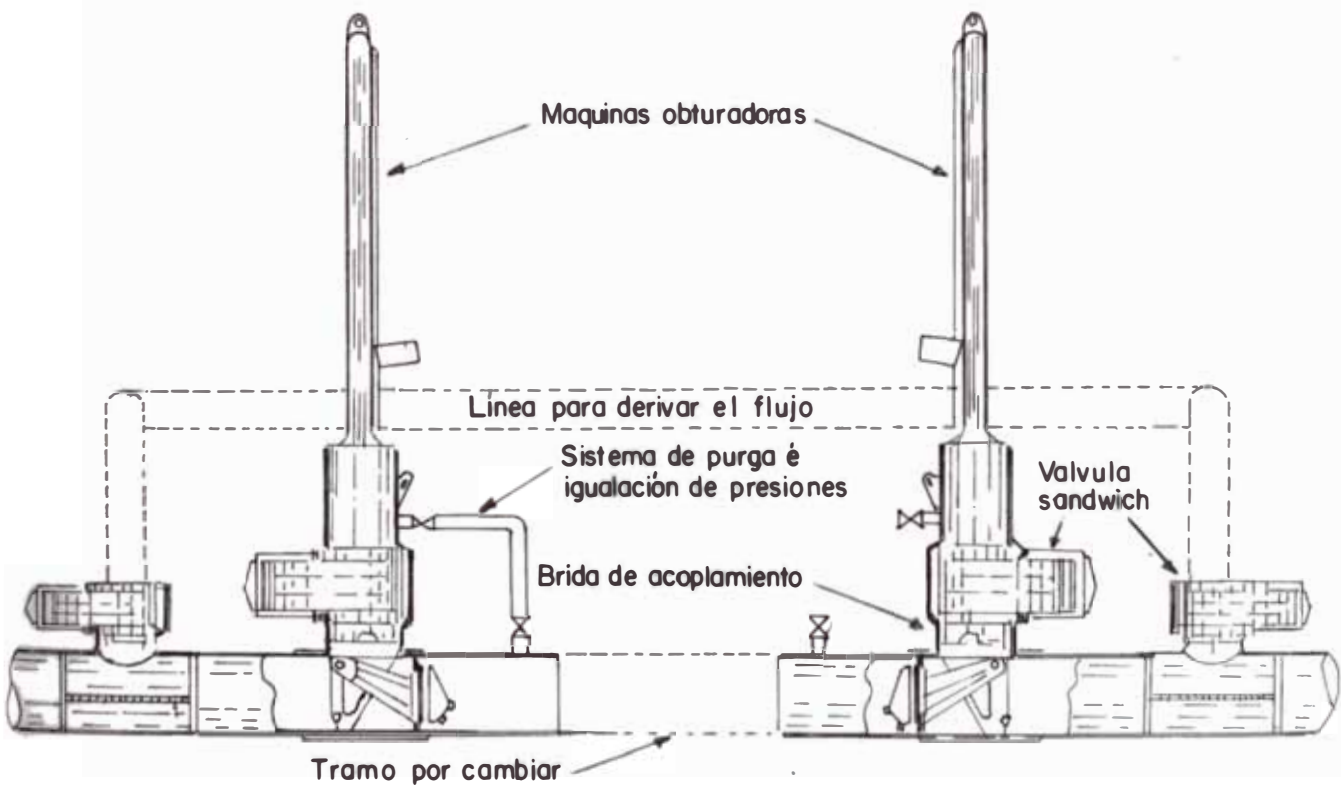


FIG. 4. REPARACION CON EL OLEODUCTO EN OPERACION

evitan el derrame o fuga del producto bombeado, en este caso petróleo crudo y el equipo T-D Williamson.

En este caso para la construcción del By-pass, en el Km 323 ONP la línea tendrá aproximadamente 240 metros de longitud, se utilizará tubería de acero de 24" de diámetro.

El equipo T-D Williamson (T.D.W.) a utilizar es el siguiente:

Item	Descripción	Cantidad
1	Equipo TDW 1200 Tapping Machine	2u
2	TDW Adapter valve 36" - Ansi 600	2u
3	TDW Sandwich valve 36" - Ansi 600	2u
4	TDW Hydraulic Power Unit	2u
5	TDW Adapter valve 24" - Ansi 600	2u
6	TDW Sandwich valve 24" - Ansi 600	2u
7	TDW Hydraulic Cylinder 22" - 36"	2u
8	TDW 36" Housing for Hydraulic Cylinder	2u
9	TDW Plugging head	2u

Materiales:

Item	Descripción	Cantidad
1	Tubería de acero 24" Ø	240 m
2	Codos 24" x 90º	4u
3	Brida ciega 36" - Ansi Nº 600	2u

4	Brida ciega 24" - Ansi Nº 600	2u
5	TDW TEE reducción 36" x 24"	2u
6	TDW TEE 36" x 36"	2u
7	TDW Tapones 36" - Ansi Nº 600	2u
8	TDW Tapones 24" - Ansi Nº 600	2u
9	TDW Elemento sellante 36"	2u

3.1.1 Reemplazo con parada de Bombeo

Los pasos a seguir para llevar a cabo una reparación con el flujo interrumpido y la tubería compresionada son los siguientes:

a. Limpieza de la zona comprometida

Deberá efectuarse una limpieza de toda la zona, excavando y desenterrando la tubería (caso de estar enterrada) (caso actual), por lo menos unos 10 metros a cada lado de la parte afectada.

Esta excavación deberá ser de una dimensión tal que facilitan los movimientos del personal encargado de la reparación; aproximadamente 90 cm a cada lado del tubo, en la parte inferior del tubo la excavación se hará de acuerdo a las necesidades.

b. Delimitación de la parte afectada

Una vez limpia la zona se hará una inspección de la tubería para determinar:

- Longitud Afectada- Se medirán espesores y se chequearan las deformaciones en la tubería si las hubiere, con el objeto de limitar la parte a cambiar.

- Se seleccionan los puntos donde se instalarán los equipos de taladrar y obturar- es importante esta ubicación debido a que se debe lograr la mejor unión posible entre las bridas de acoplamiento y el tubo para facilitar los trabajos. En la elección de estos puntos debe tenerse presente que la tubería no tenga ninguna deformación, asimismo deberá hacerse una buena limpieza de la tubería y esmerilar cualquier cordón de soldadura que dificulte una buena unión.

c. Instalación y Soldadura de las Bridas de Acoplamiento.

Ver fig. 5.

Estos accesorios consisten en las "medias cañas" en una de las cuales se encuentra la brida a la que se acoplarán los equipos, tales como la válvula Sandwich y el tapón sellador (Lock - O - Ring) y finalmente la brida ciega que servirá para concluir y sellar el trabajo.

El diseño de estos accesorios es tal que soportan la presión que transmiten el peso de la válvula Sandwich y las máquinas taladradoras y obturadoras sin que sea transmitida al tubo. El diámetro interior de la brida debe

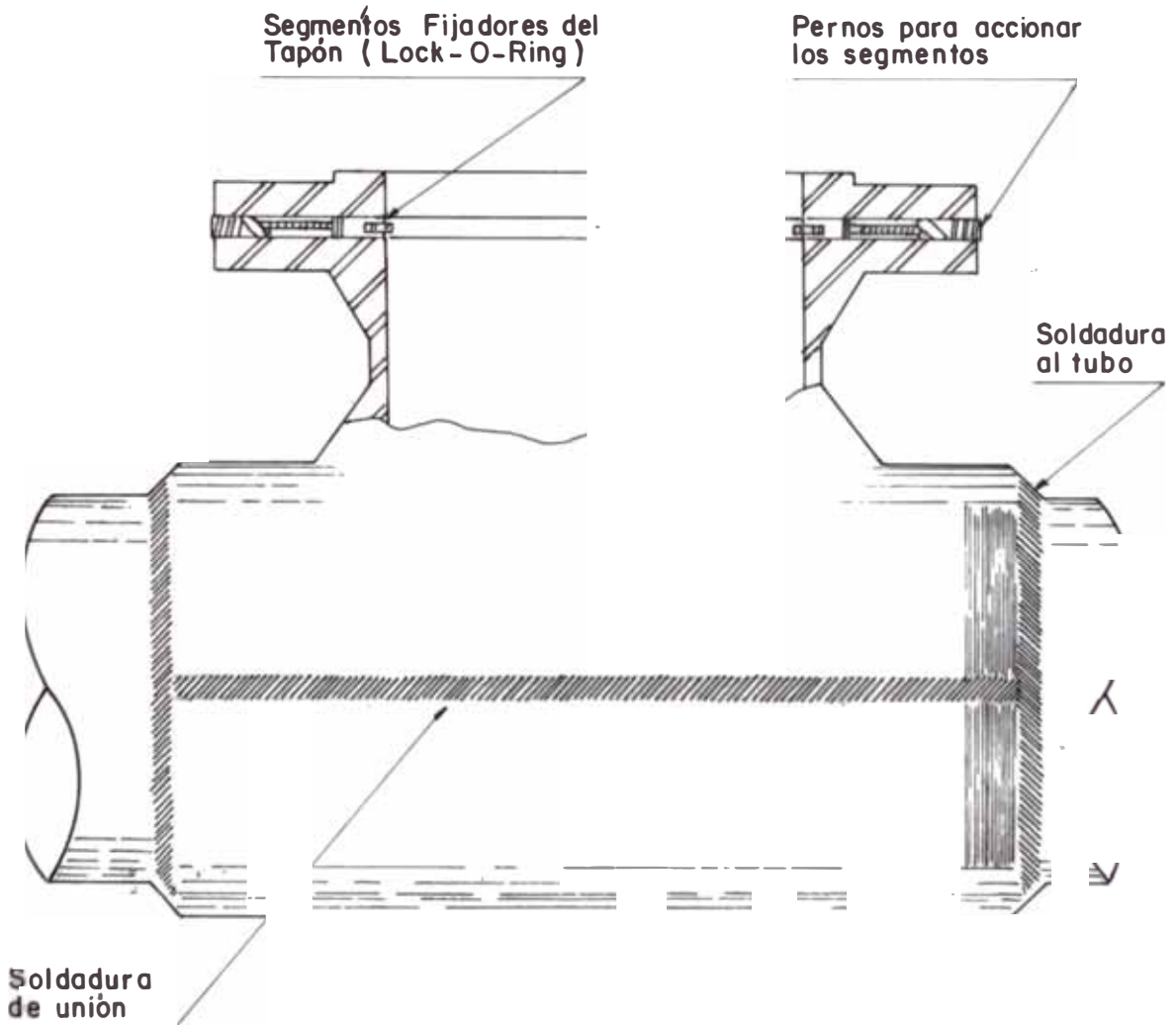
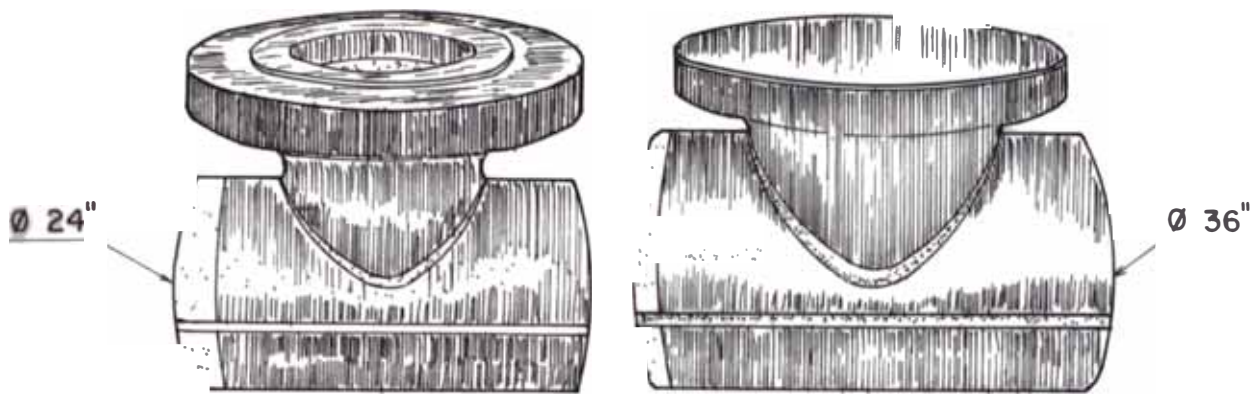


FIG. 5.- BRIDA DE ACOPLAMIENTO

permitir el paso de la fresa taladradora, la cabeza obturadora y el tapón sellador.

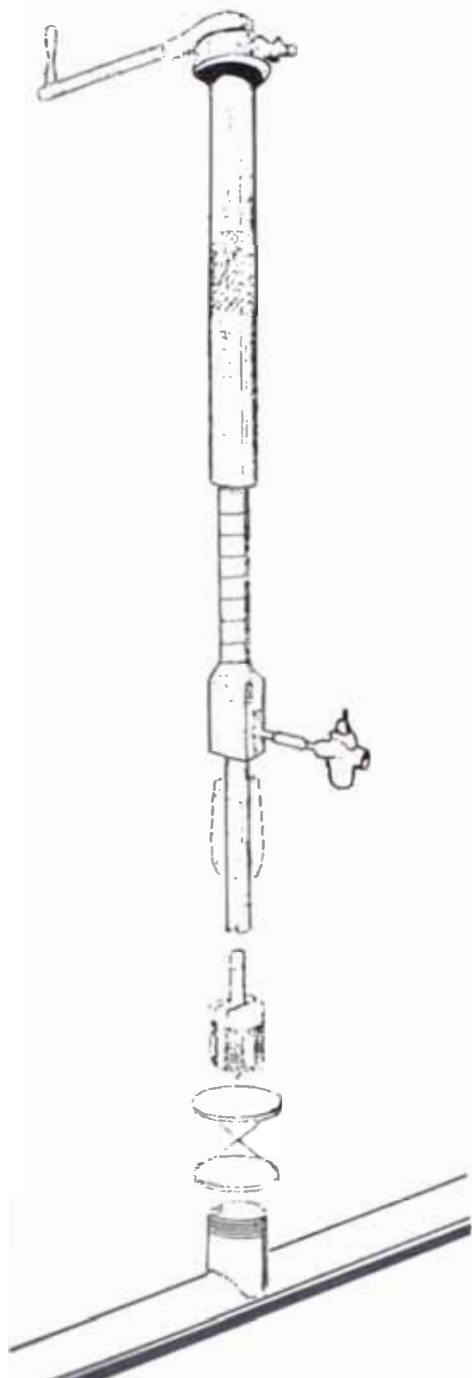
Seleccionada la zona donde se debe instalar las bridas de acoplamiento se procederá a su "presentación", con la finalidad de comprobar su buen acoplamiento, el cual una vez conseguido, soldaremos las dos partes entre sí y seguidamente estas al tubo.

Tanto la brida de acoplamiento como el tapón sellador y la brida ciega no son recuperables y quedaran como parte integral de la tubería una vez terminada la reparación.

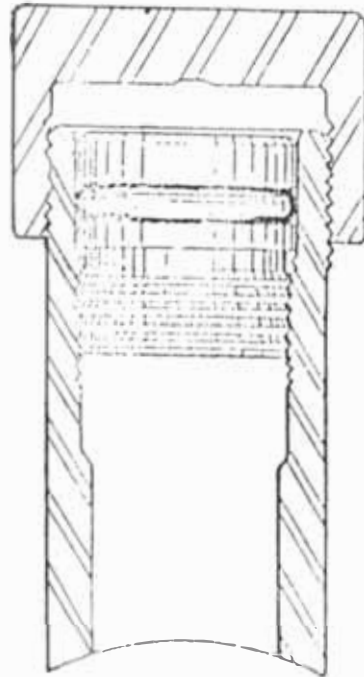
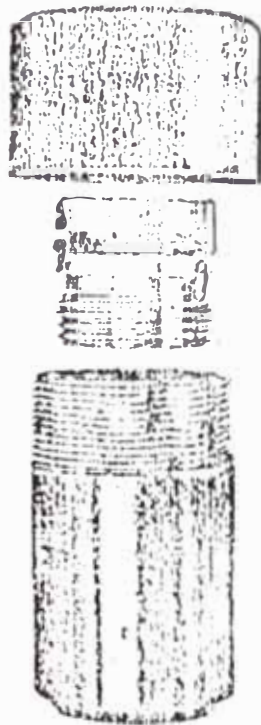
d. Instalación del Sistema de Purga e Igualación de Presiones (Fig. 6).

Con la finalidad de evacuar el producto del tramo que vamos a aislar e igualar presiones entre éste y el tambor de la máquina obturadora, soldamos un niple a la tubería para colocar una válvula especial de 2" (50.3 mm) de diámetro en la cual instalamos un equipo taladrador que permite perforar el tubo sin derramar el producto.

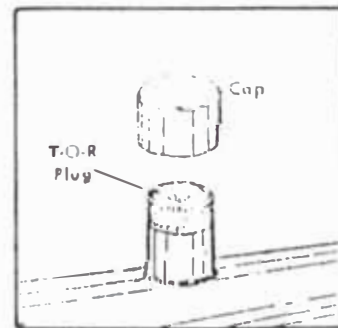
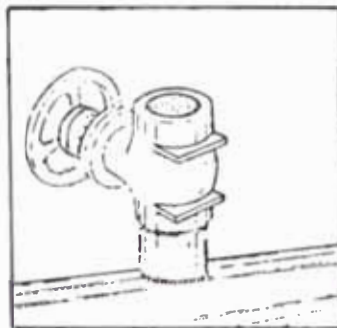
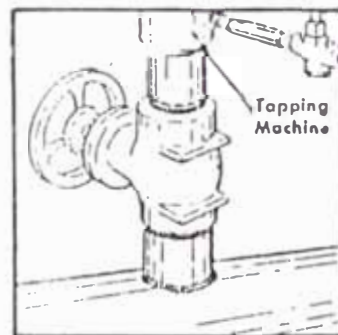
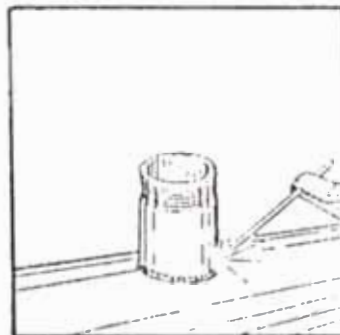
Al interconectar esta válvula, por medio de una tubería o manguera, a una válvula del tambor de la máquina obturadora nos permitirá igualar la presión del niple por aislar con el resto del oleoducto; esto al momento de la obturación



ENSAMBLAJE DEL EQUIPO
TAL ADRADOR



TAPONES DE SELLADO DEL NIPLE



SECUENCIAS DEL PROCESO

SISTEMA DE PUR A E IGUALACIONES DE PRESIONES

FIG. 6

Finalizada la operación de reparación se recuperará la válvula, sellando el niple con dos tapones roscados, uno interior y otro exteriormente.

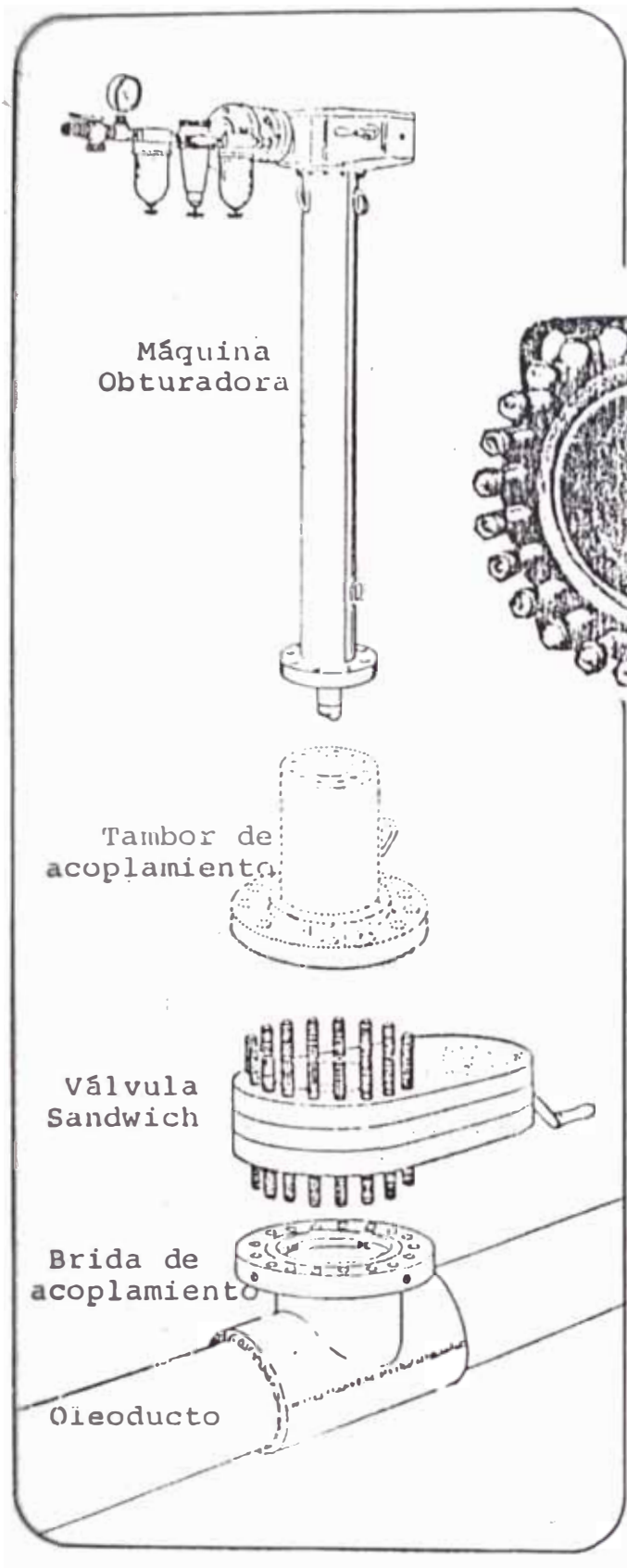
e. Instalación de las Válvulas Sandwich (Fig. 7)

Es el equipo básico en este sistema de reparación, ya que permite realizar todo el trabajo evitando la fuga del producto que se encuentra presurizado dentro del oleoducto.

Este equipo es una válvula tipo compuerta de accionamiento hidráulico cuyo espejo tiene una carrera paralela a la tubería; estas válvulas varían en función del diámetro de la tubería y su accionamiento será manual o con ayuda de una máquina de fuerza, dependiendo del tamaño de la misma.

La válvula en ambas caras exteriores lleva pernos prisioneros (espárragos), los de la cara inferior le permiten instalarse y fijarse a la brida de acoplamiento; los de la parte superior servirán para el ensamblaje de las máquinas taladradora y obturadora.

Interiormente cuenta con un sistema de comunicación (bypass) accionado manualmente que permite el paso del producto presurizado, estando la válvula cerrada del Oleoducto al tambor de las máquinas taladradora y obturadora; esto con la finalidad de igualar presiones en el momento



Máquina
Obturadora

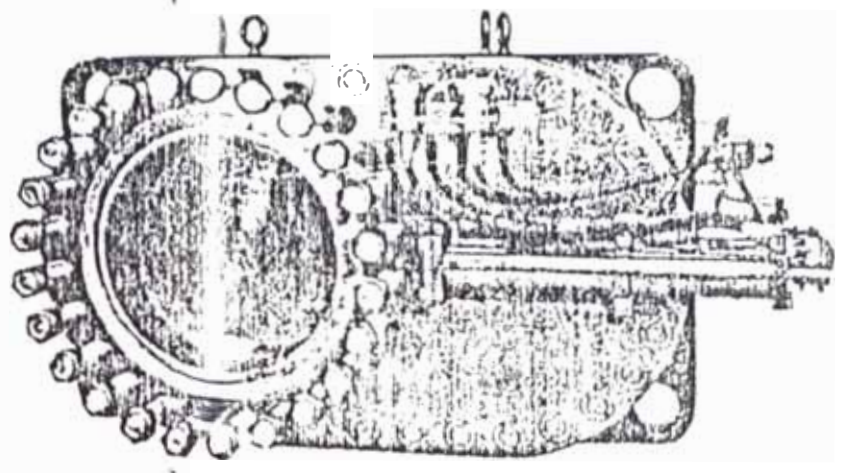
Tambor de
acoplamiento

Válvula
Sandwich

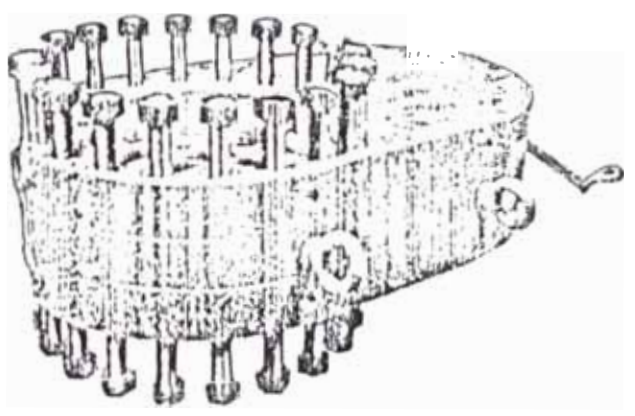
Brida de
acoplamiento

Pieoducto

ENSAMBLE TIPICO



OPERADA HIDRAULICAMENTE
24" A MAS



OPERADA MANUALMENTE
4" A 22"

FIG. 7.- VALVULAS SANDWICH

que sea necesario, tanto para accionar la válvula como para colocar el tapón sellador.

Esta válvula será retirada después de colocado el tapón sellador (lock - O - Ring).

f. Instalación y Operación de la Máquina Taladradora (fig. 8)

Estando la válvula Sandwich ya instalada, acoplamos la máquina taladradora con la cual perforaremos la tubería, este acoplamiento se efectúa mediante los pernos de la cara superior de la válvula.

La máquina que es operada hidráulicamente consta de un tambor de acoplamiento y un cilindro hueco dentro del cual va una barra accionada por un tornillo sin fin, el cual al rotar le da avence. En la parte inferior de la barra se instala un adaptador, el cual servirá para colocar la fresa y la broca piloto (fig. 9 y 10).

Para efectuar la operación de taladrado debemos seguir los pasos indicados a continuación:

f.1 Toma y Registro de Medidas (fig. 11)

Estas medidas las tomamos para determinar la distancia de recorrido que deberá tener la fresa hasta el corte total de la pared del tubo. Las medidas a tomar son:

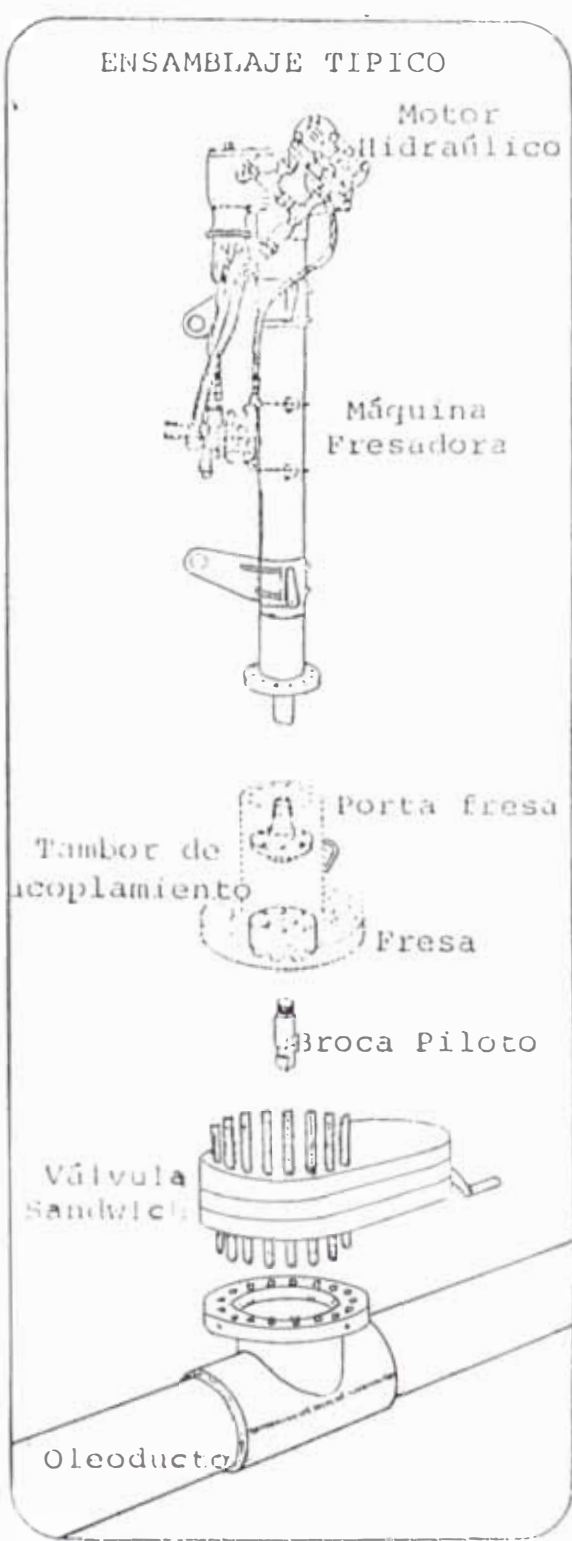
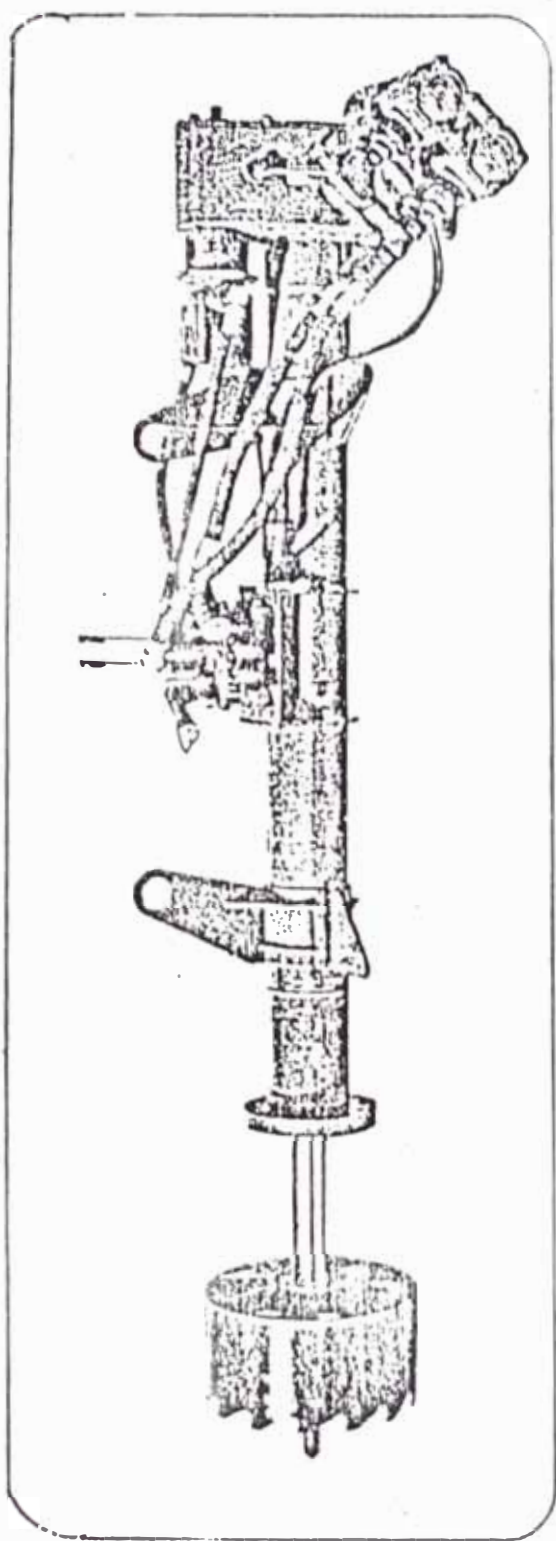


FIG. 8.-

MAQUINA TALADRADORA

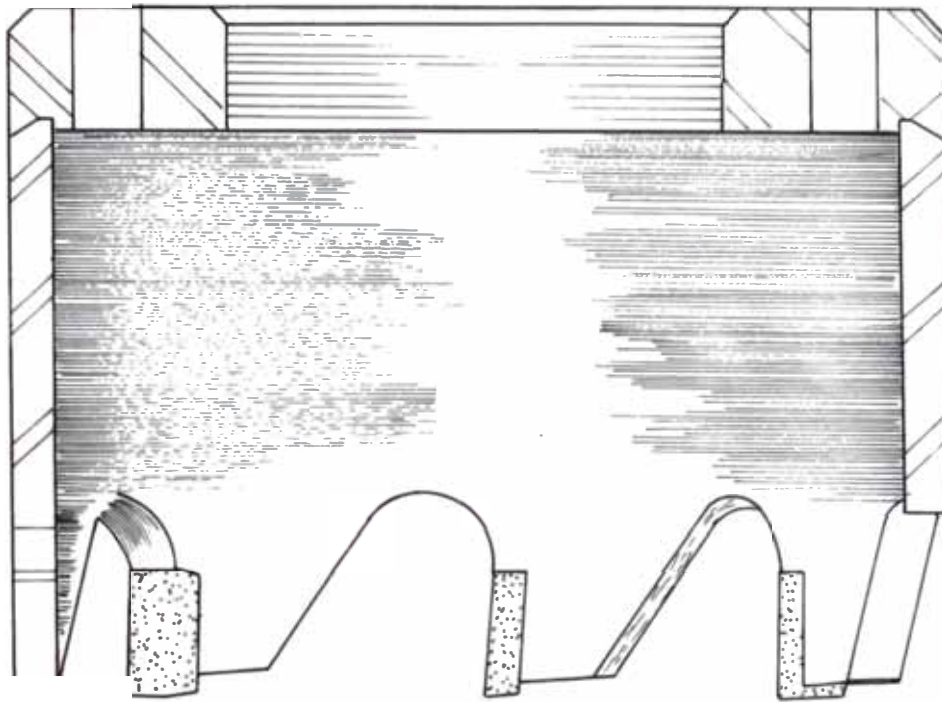


FIG. 9.- **FRESA**

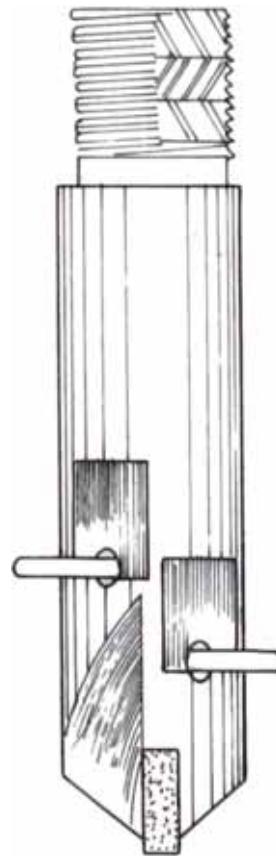


FIG. 10.- **BROCA PILOTO**

- Entre el extremo de la Broca Piloto y el de la Fresa ("A").

- Entre el extremo de la Broca Piloto y la cara inferior de la Brida del tambor ("B").

- Entre la cara superior exterior de la válvula Sandwich y el tope de la tubería ("C").

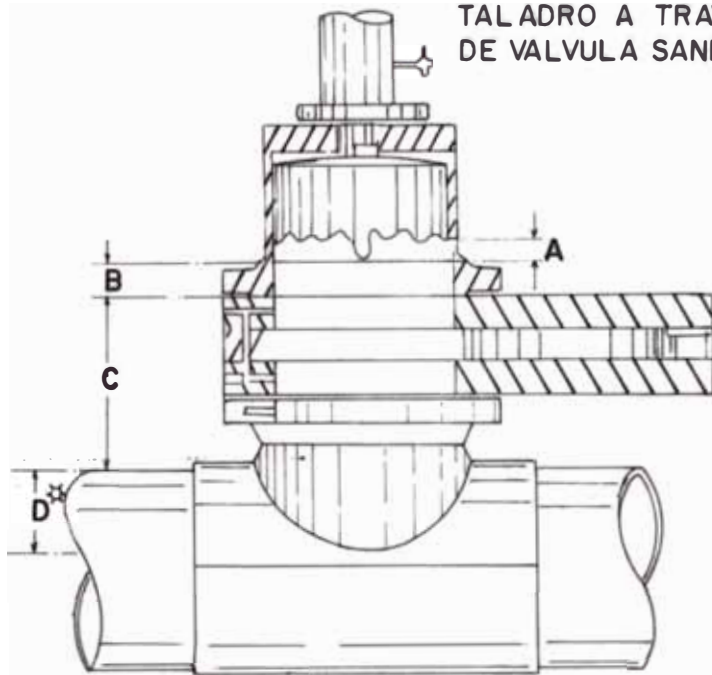
- Otra medida será sacada de una tabla proporcionada por el fabricante y depende del diámetro de la fresa y modelo de la misma, en este caso T.D. Williamson ("D").

La sumatoria de estas medidas daran la carrera de la barra a la cual está acoplada la Fresa Taladradora; esta sumatoria debemos marcarla en una barra graduada instalada en la parte superior del cilindro la cual descende a medida que avanza la perforación, esto nos permite visualizar la penetración de la Fresa. Debemos tener la precaución de que estas medidas sean tomadas por dos personas diferentes, con el fin de evitar errores.

f.3 Inicio de Taladrado

Teniendo ya instalada la Máquina Taladradora, las medidas registradas y la válvula Sandwich abierta, se

TALADRO A TRAVES DE VALVULA SANDWICH



<u>MEDIDAS</u>	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO
A	_____	_____
B	_____	_____
C	_____	_____
D*	_____	_____
TOTAL	_____	_____

OPERACION DE TALADRADO

TARJETA DE REGISTRO DE MEDIDAS

FIG. 11

acciona manualmente la máquina mediante una manivela hasta que la broca piloto toque la tubería, este contacto es percibible por el ruido que origina y la resistencia en el accionar de la manivela. En este punto podemos hacer un chequeo de las medidas en la barra, por ser la penetración de esta, la suma de B + C.

Estando en esta posición, se hace operar el sistema de fuerza que acciona el motor hidráulico de la máquina el mismo que hace girar la Broca iniciándose el taladrado de la tubería. Al perforar la tubería; el producto, en este caso petróleo crudo, empieza a llenar el tambor de la máquina y sabremos que está lleno cuando el petróleo empiece a salir por una válvula de venteo ubicada en la parte superior de éste. Es recomendable que mientras dure el llenado del tambor se detenga la acción de perforado.

Concluido este paso reiniciamos el taladrado de la tubería a un promedio de doce revoluciones por minuto que es una velocidad recomendada para esta operación, la cual dura de 5 a 7 horas en una tubería de 36" (914.4 mm) dependiendo de los problemas que puedan presentarse durante el corte.

El corte estará concluido cuando observamos que la barra graduada en la cual hemos marcado el total de las medidas (A + B + C + D) ha llegado a dicha marca.

f.4 Desmontaje de la Máquina Taladradora

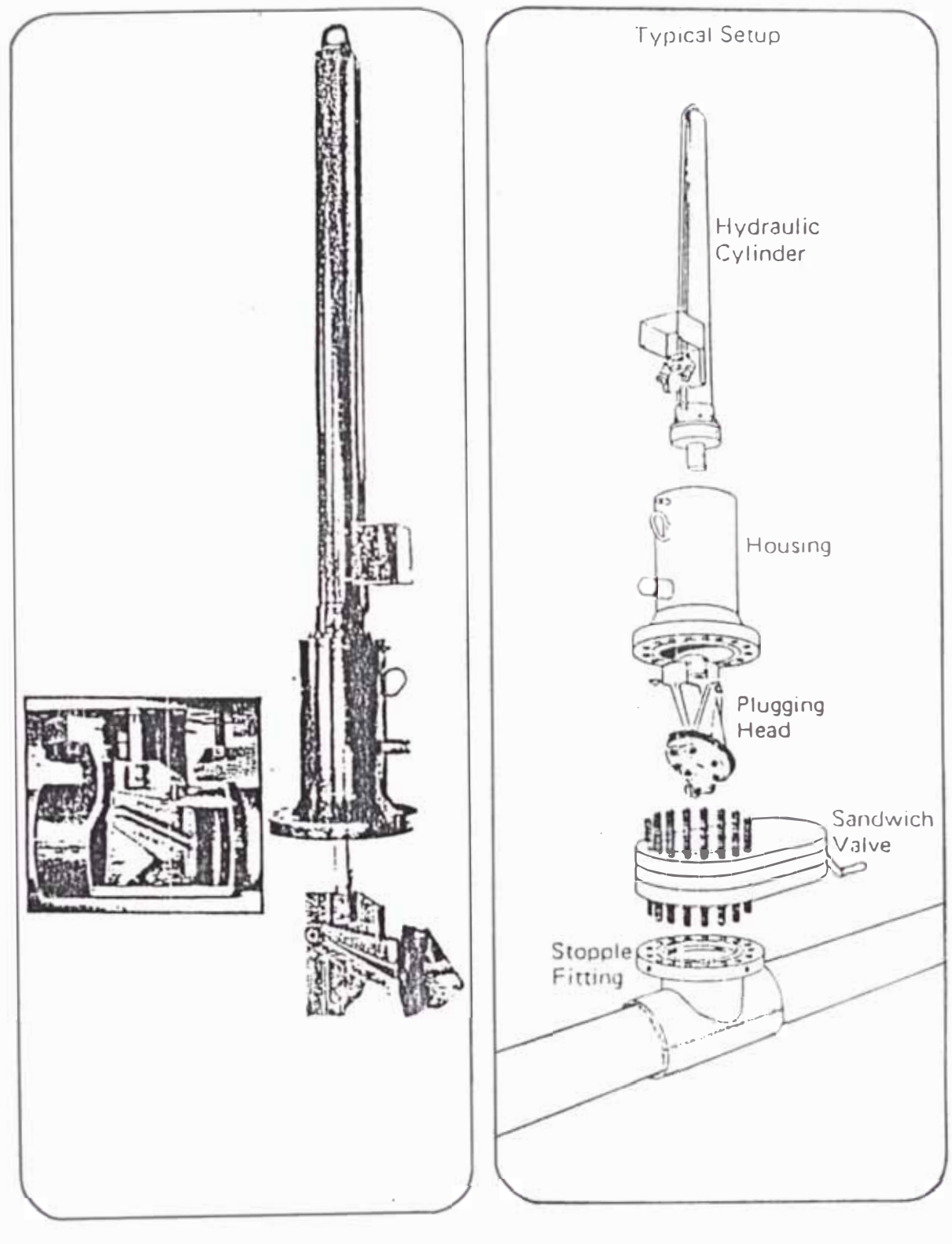
Concluida la perforación debemos retraer la Fresa manualmente, dentro de la cual saldrá aprisionado el segmento de tubería cortado; en caso de encontrar resistencia a esta operación se debe pensar que el corte no ha sido completado, por lo que se deberán verificar medidas y completar el corte en caso de así requerirlo.

Paso seguido cerramos la válvula Sandwich y despresurizamos el tambor de alojamiento de la Fresa, luego se retira la máquina taladradora.

g. Instalación y Operación de la Máquina Obturadora (fig. 12)

La instalación de este equipo es similar al de la máquina taladradora, con el que se consigue aislar el tramo seleccionado para poder realizar el cambio del tubo deteriorado.

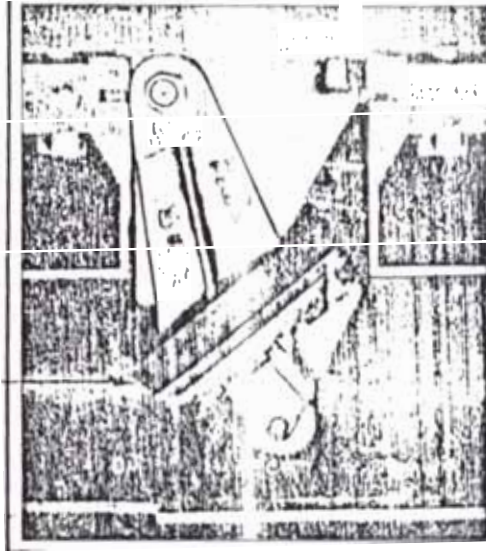
Esta máquina está compuesta por un cilindro hidráulico el cual impulsa la cabeza obturadora diseñado de tal forma que al tocar el fondo del tubo gira 90°, permitiendo este giro obturar la tubería (fig. 13).



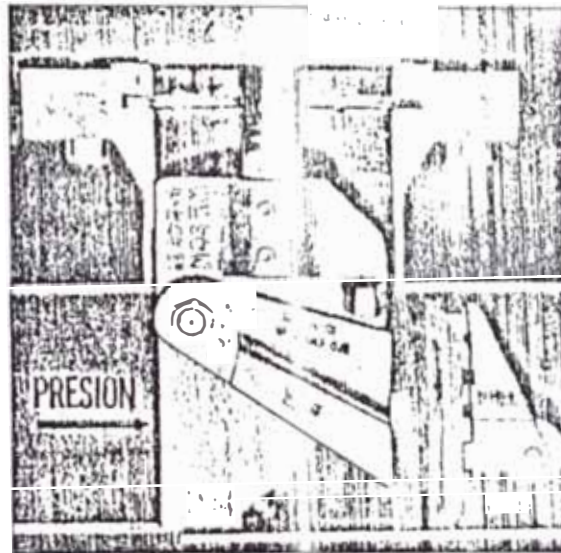
MAQUINA O TURADORA

FIG. 12

Copa Selladora



Corte transversal mostrando la cabeza obturadora Stopple descendiendo a través de la válvula de tajadro



Cabeza obturadora en posición del sellado total, interrumpiendo el flujo de líquido o gas.

CABEZA OBTURADORA

FIG. 13

Esta cabeza posee una copa selladora de caucho sintético, la cual debe seleccionarse de acuerdo al diámetro y espesor de la tubería. También posee un tambor con su Brida de acoplamiento, que servirá para alojar la cabeza obturadora y acoplarse a la válvula Sandwich.

Su operación puede ser manual o con un equipo de fuerza adicional, dependiendo del tamaño de la máquina.

Antes de proceder a la obturación es necesario tomar las siguientes medidas; (fig. 14).

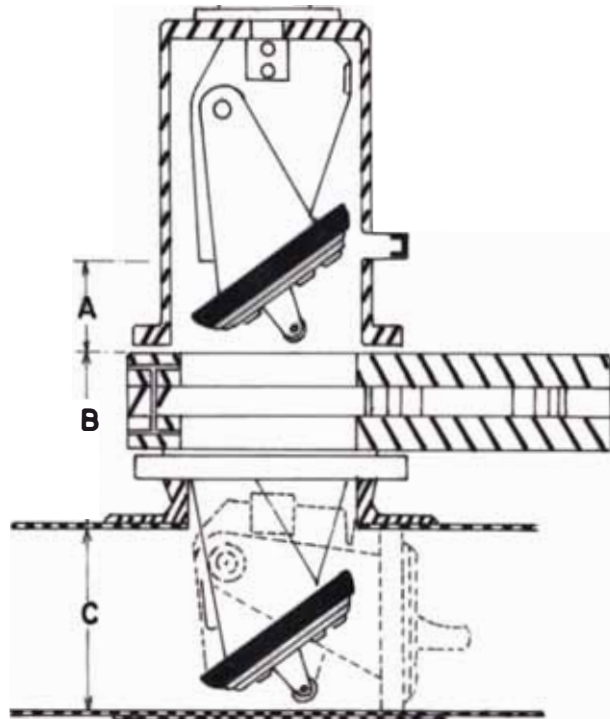
- Entre el soporte de la cabeza obturadora y la vara exterior de la brida tambor ("A").

- Entre la cara exterior de la válvula Sandwich y la tubería ("B").

- Diámetro interior más espesor de la tubería ("C").

Estas medidas se anotarán en la tarjeta de operación y se hará la sumatoria respectiva; teniendo esta suma se procederá a iniciar la obturación.

En la parte interior del cilindro existe una varilla graduada mediante la cual se controlará el descenso de la cabeza



<u>MEDIDAS</u>	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO
A	_____	_____
B	_____	_____
C	_____	_____
TOTAL	_____	_____

**OPERACION DE OBTUACION
TOMA DE MEDIDAS**

FIG. 14

obturadora; el recorrido de la varilla se podrá observar por un orificio existente en el cilindro.

Se inicia la operación de obturar la línea para aislar el tramo deteriorado, teniendo una de las válvulas de purga abierta y conectada por una manguera o un tubo de 2" de diámetro, al tambor de la máquina obturadora, con el bojeto de aliviar alguna presión adicional que se pueda presentar en el tramo, debido a esta operación; la válvula será cerrada, concluida la obturación.

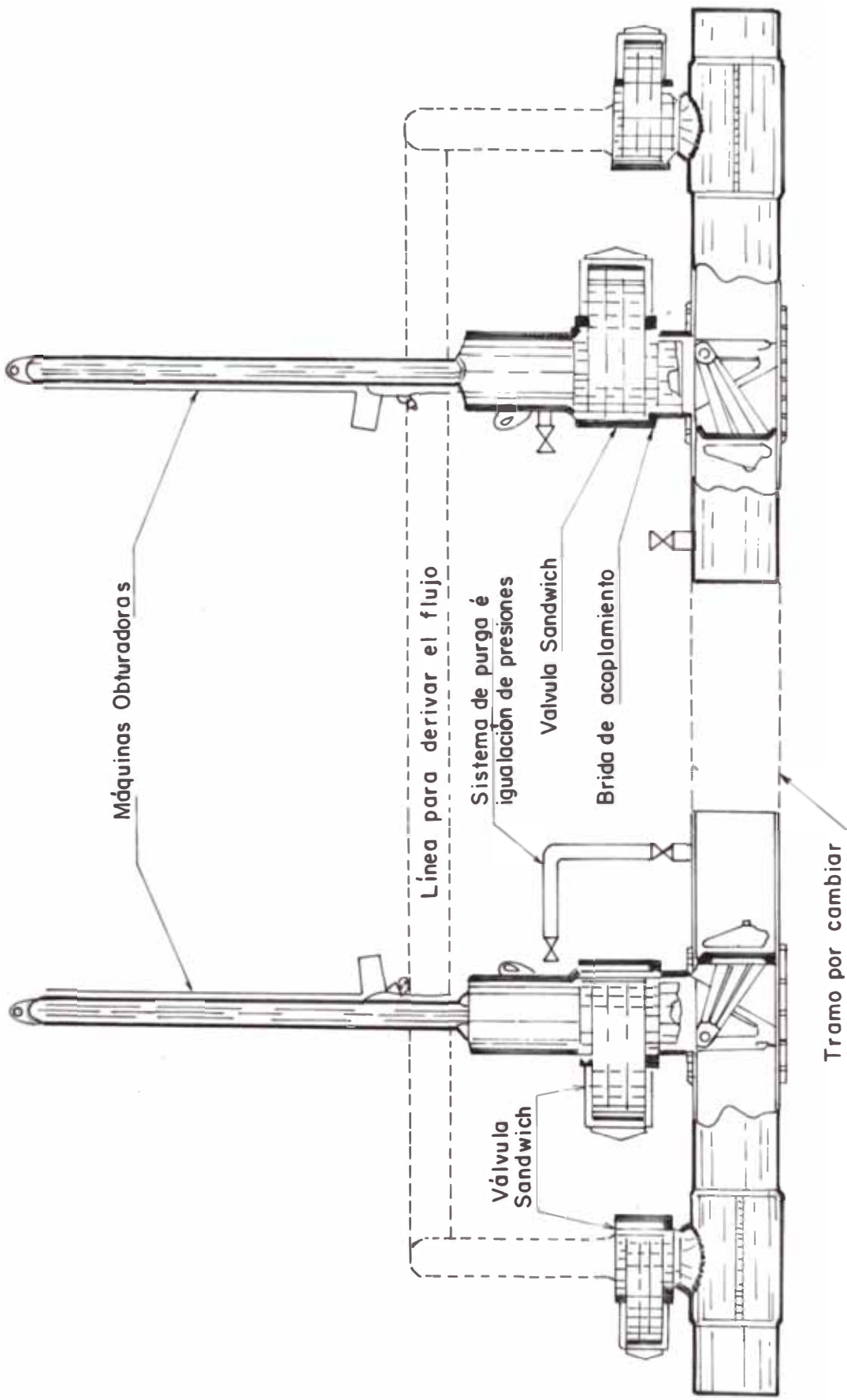
h. Cambio del Tramo Deteriorado (fig. 15)

Teniendo aislado el tramo de la tubería seleccionado, para poder realizar el cambio de tubería procederemos de la siguiente manera:

h.1 Drenaje del Crudo

Por medio de las válvulas de drenaje se procederá a evacuar todo el crudo que ha quedado aislado; este producto será transportado a la Estación de Bombeo más cercana, por medio de camiones cisternas.

De ser necesario se puede hacer otro dren para facilitar el vaciado, esto se efectúa cuando alguna deformación o curatura de la tubería dificultan la evacuación del crudo.



CAMBIO DEL TRAMO DETERIORADO

FIG. 15

h.2 Corte del tramo deteriorado

Estando sin petróleo la tubería, se procederá a realizar el corte en los lugares ya seleccionados para esta operación. Este corte se realiza mediante una máquina operada neumáticamente que permite realizar el corte en frío. Fig. 16.

h.3 Retiro del tramo cortado

Con la ayuda de los tractores tiende-tubos se retira este tramo, quedando todo listo para instalar el nuevo niple ya seleccionado y preparado con anticipación.

i. Colocación del Nuevo Niple

Las acciones previas que se han efectuado en el nuevo niple son:

i.1 Inspección

Se inspeccionará cuidadosamente para estar seguros que no ha sido afectado por la corrosión o que presente alguna fisura.

i.2 Prueba Hidrostática

Se le debe realizar una prueba de presión en la cual se confirmará el buen estado del mismo.

i.3 Longitud Necesaria

La longitud que debe tener el niple será entre 2" a 4"

menos que la longitud cortada del Oleoducto. Esto con la finalidad de facilitar su instalación, teniendo presente que la dilatación del mismo ocasionada por la temperatura ambiental, hacen variar sus dimensiones. La luz que puede quedar entre el Oleoducto y el nuevo tramo es absorvida por los coples de unión

i.4 Instalación

Con la ayuda del tiende-tubos se presenta el nuevo niple, en el espacio dejado por el tramo cortado, el acoplamiento podrá realizarse de las siguientes formas:

- Mediante dos coples
- Soldando uno de sus extremos al Oleoducto y el otro con cople.

Estos coples están diseñados con empaquetaduras separadas entre sí 5", lo que permite observar la luz que pueda quedar entre el Oleoducto y el nuevo niple instalado.

j. Reinicio del Bombeo

Una vez reemplazado el tramo en mal estado se procederá a llenar con crudo mediante una de las válvulas de purga que estará conectada al tambor de la máquina obturadora; la otra

válvula servirá de venteo, la cual se cerrará una vez que empiece a fluir petróleo; con esta operación también se logra igualar presiones entre el Oleoducto y el tramo aislado.

Estando en este punto se procederá a retraer las cabezas obturadoras y cerrar las válvulas Sandwich, desde este momento se podrá dar inicio a la operación de bombeo.

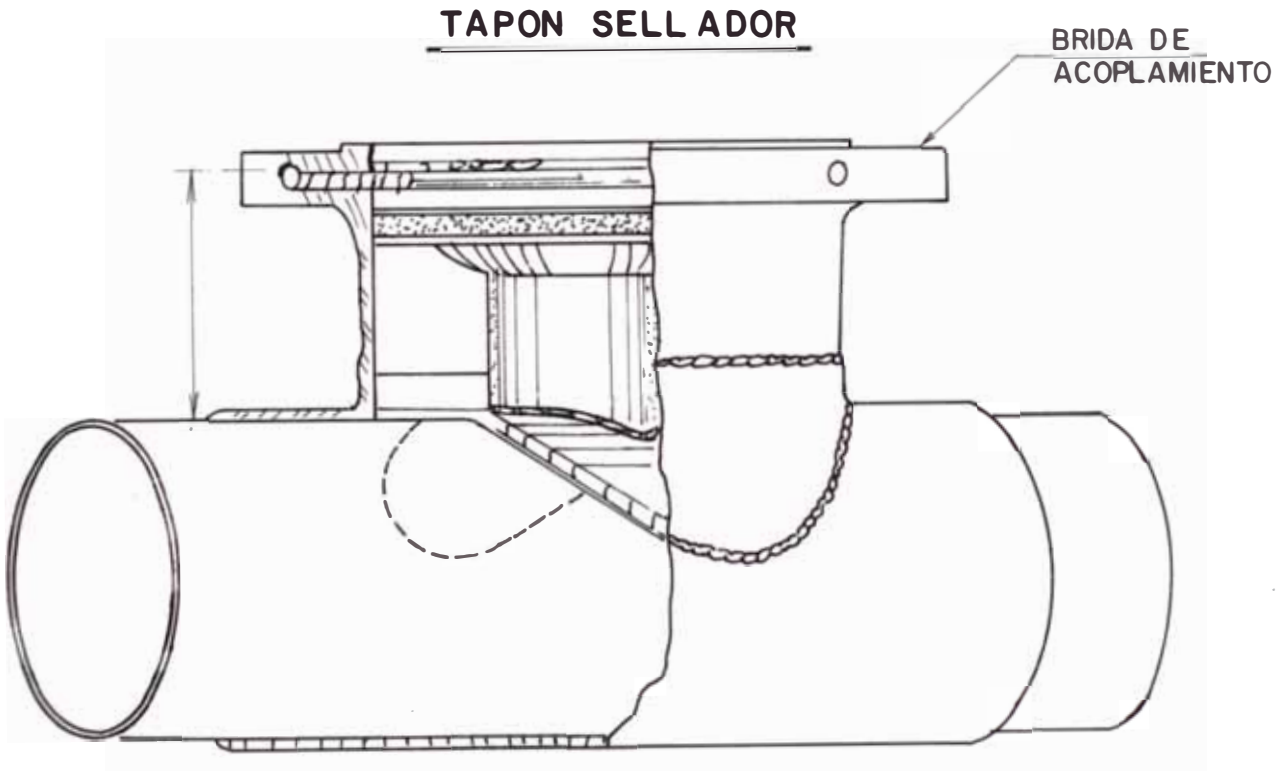
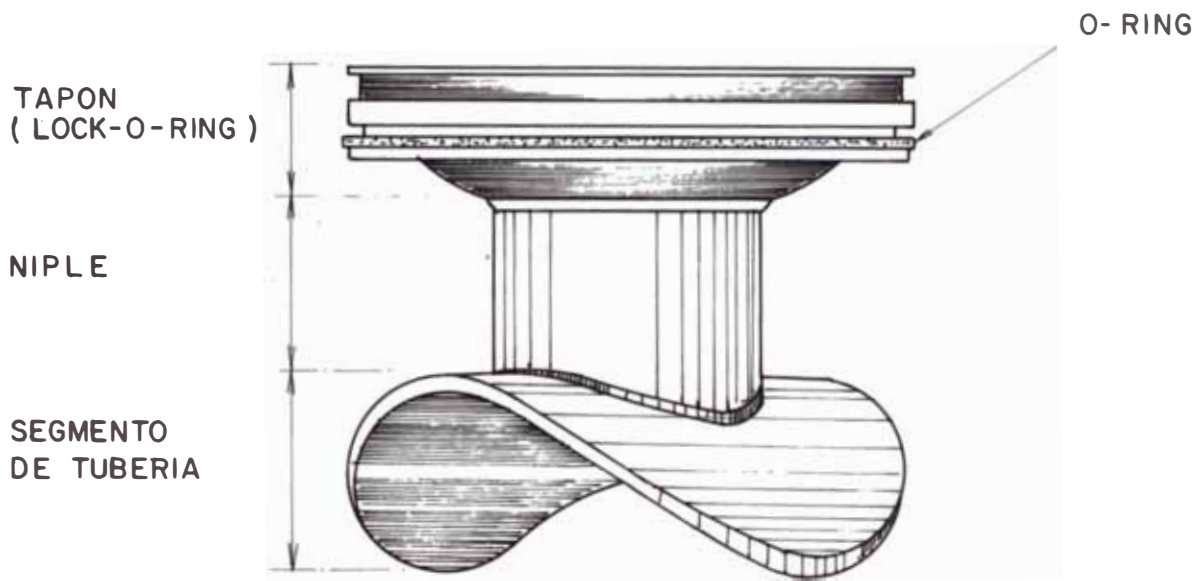
Luego retiraremos las máquinas obturadoras y se procederá a soldar los coples a la tubería.

k. Colocación del Tapón Sellador (lock-O-Ring) (fig. 17)

Este tapón se coloca con la máquina taladradora, a la cual se le ha retirado la Broca Piloto y la Fresa y en cuyo lugar se acoplará el tapón para poder colocarlo en su ubicación definitiva dentro de la brida de acoplamiento.

El tapón consiste en un plato de acero sólido en cuyo perímetro tiene dos ranuras, en una de las cuales deberá ir un O-Ring (ranura inferior) y la otra servirá para fijarlo a la brida por medio de unos segmentos retráctiles que esta posee.

Un orificio ubicado en el centro del tapón comunica sus dos caras, este orificio es sellado por medio de una válvula check la cual permanece abierta por la barra de la máquina taladradora con la finalidad de mantener la igualdad de presiones durante la instalación o retiro de este tapón.



COLOCACION DE TAPON

FIG. 17

Con la finalidad de tapar el hueco o "boca de pescado" dejado al cortar la tubería y evitar un posible daño a los raspabos, es aconsejable soldar un segmento similar al extraído a un niple que trae el taón, según pedido al fabricante. Los pasos a seguir en esta operación son:

K.1 Instalamos el tapón en la máquina taladradora.

K.2 Toma y Registro de Medidas (fig. 18)

Las medidas a tomas son:

- Del borde superior de la ranura de fijación hasta la cara inferior del tapón ("A").
- Estando retraído totalmente el tapón dentro del tambor de la máquina, desde la cara inferior del mismo hasta la cara exterior de la brida del tambor ("B").
- Entre las caras exteriores de la válvula Sandwich ("C").
- Entre la cara superior de la brida de acoplamiento y la ranura de alojamiento de los segmentos de fijación ("D").

K.3 Acoplamos la máquina taladradora, en cuyo interior se encuentra el tapón, a la válvula Sandwich y marcamos

el total de la suma de las medidas en la varilla graduada para visualizar la carrera del tapón.

K.4 En la válvula Sandwich se abre la válvula que permite el paso del crudo de la zona presurizada del tambor de la máquina taladradora, para esta operación también se abre una válvula de venteo en el tambor. Esto con la finalidad de igualar presiones y poder abrir la válvula Sandwich y bajar el tapón

K.5 Se baja manualmente el tapón hasta que la varilla nos indique que ha llegado a su ubicación final. Luego por medio de tornillos ubicados en el borde exterior de la brida se empujan los segmentos de fijación que asegurarán el tapón.

K.6 A manera de verificación realizamos las siguientes pruebas:

- Retraemos y bajamos ligeramente para comprobar que el tapón ha sido fijado por los segmentos.
- Para comprobar el sellado se retirará la barra de la máquina taladradora con lo cual quedará cerrada la válvula check del tapón; luego abriremos la válvula de purga del tambor y la presión debe descender violenta-

mente, en caso contrario es sintoma de que existe un falso sellado.

K.7 Terminadas las verificaciones procederemos a cerrar la válvula Sandwich, drenar el crudo depositado en el tambor, retirar la máquina taladradora y la válvula Sandwich.

1. Colocación de Brida Ciega

Estando ya la operación de reparación sólo con el tapón sellador, se procede a retirar el porta tapón e instalar la brida ciega en el acoplamiento bridado con lo cual quedará concluída la reparación.

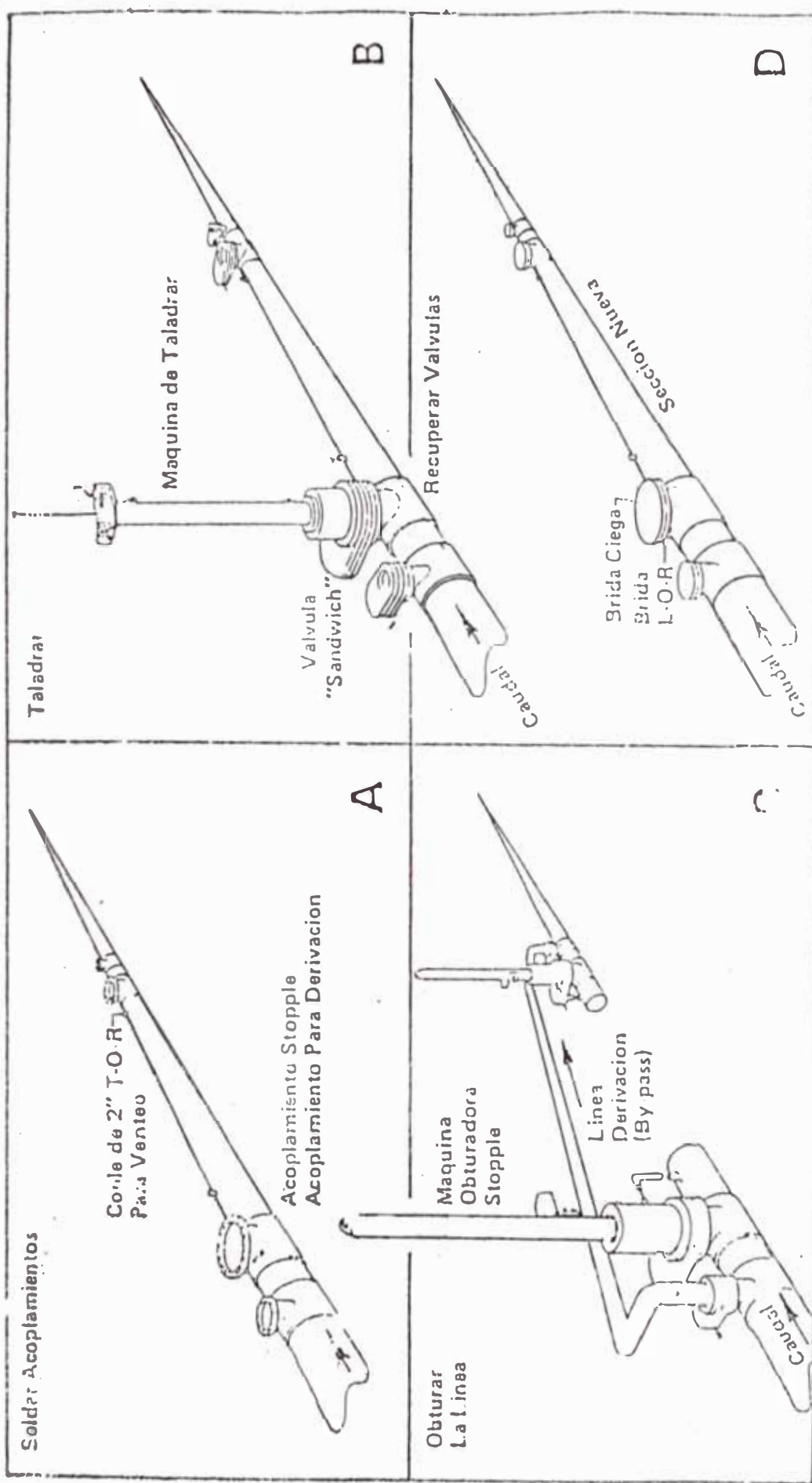
Posteriormente se procederá a la limpieza total de la zona, protección de la tubería contra la corrosión externa y entierro de la misma de ser ésta su condición de trabajo, con lo que habriamos concluído la reparación.

3.1.2 Reemplazo con el Oleoducto en Operación. (fig. 19 y 20)

Cuando se deba reparar el Oleoducto sin parar el bombeo se seguirá el mismo procedimiento descrito en "A" con la diferencia que se debe instalar una tubería provisional de menor diámetro para derivar el flujo por ella (by-pass). El diámetro de esta tubería es variable, dependiendo de la necesidad de la operación de bombeo; por lo general se usa de un diámetro igual a la mitad del tubo principal.

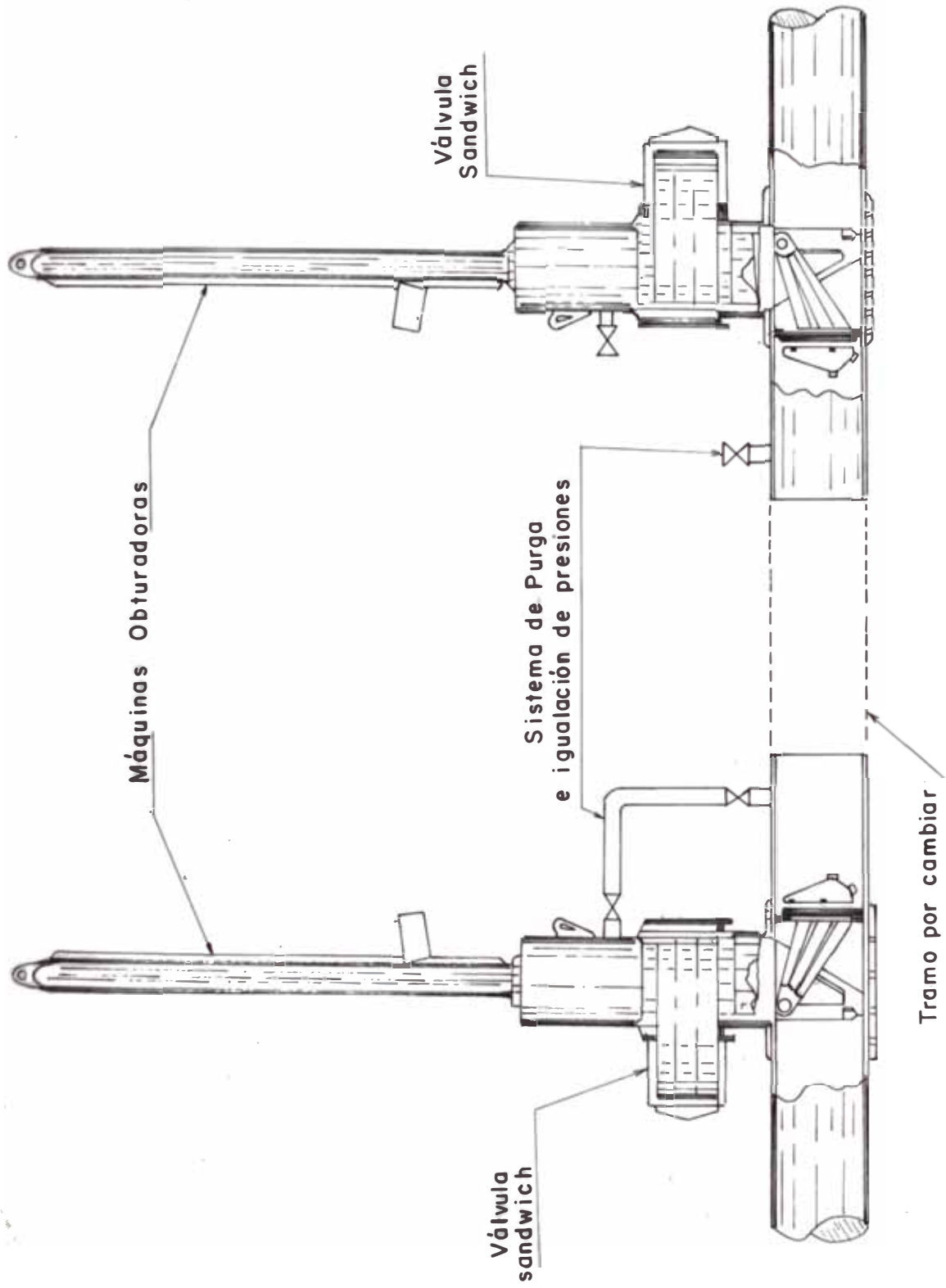
Los pasos a seguir para la instalación de la tubería de derivación son los siguientes:

- a. Seleccionamos los puntos donde se instalarán las bridas de acoplamiento.
- b. Se instalan estas bridas paralelamente con las que nos servirán para obturar la línea.
- c. Instalamos las válvulas Sandwich simultáneamente con las que nos servirán para la operación de obturación.
- d. Presentamos la línea de derivación para comprobar su fácil instalación o realizar los ajustes necesarios.
- e. Luego procedemos a taladrar el sitio donde se obtura la línea, siguiendo lo indicado en el punto 3.1.f, previo cumplimiento de los cinco primeros puntos.
- f. Se taladran las bocas por la línea de derivación, en igual forma que en el caso de la boca para obturar.
- g. Retirada la máquina taladradora, instalamos la línea de derivación y abrimos la válvula Sandwich; en este momento el flujo se bifurcará pasando por las dos líneas.



Procedimiento para reemplazar un tramo de tuberia en servicio. A) Soldar acoplamiento, B) Instalar valvulas "sandwich" y taladrar, C) Instalar bypass, obtener y cortar, D) Recuperar las valvulas.

FIG. 19



CAMBIO DE TRAMO DETERIORADO

FIG. 20

- h. Procederemos a la operación de obturar la línea principal para aislar el tramo a cambiar, para este paso debemos seguir lo indicado en el punto 3.1g del procedimiento anterior. Desde este momento todo el flujo pasará por la línea de derivación.
- i. Posteriormente procedemos a cambiar el tramo deteriorado, colocar nuevo niple, colocar el tapón sellador siguiendo los lineamientos descritos en los puntos 3.1h, 3.1i y 3.1k del procedimiento anterior.

En este punto de la reparación estaremos en las condiciones siguientes:

- Tapones selladores de los puntos de obturación instalados; o sea que estaríamos terminando todo el procedimiento de la reparación descrita anteriormente.
- Válvulas Sandwich de derivación abiertas.
- Línea de derivación con flujo.

Luego nos faltaría para terminar el trabajo:

- Cerrar las válvulas Sandwich.
- Retirar la línea de derivación
- Instalar los tapones
- Colocar las bridas ciegas.

j. Para efectuar los puntos pendientes los pasos a seguir ya son conocidos, luego después de efectuarlos se dará por concluído el trabajo.

C A P I T U L O I V
SOLDADURA Y TENDIDO DE LA TUBERIA

4.0 SOLDADURA Y TENDIDO DE LA TUBERIA

Los trabajos de soldadura y tendido de tubería son los correspondientes a la tubería de 36" Ø que reemplazará al tramo afectado en la línea del Oleoducto y la Tubería de 24" Ø By Pass que servirá para no interrumpir el flujo en el Oleoducto y que se pondrá en operación con los equipos T-D Williamson.

4.1 Tubería de 36" Ø de Reemplazo

4.1.1 Especificaciones Técnicas de la Tubería

Diámetro de la Tubería : 36"

Espesor de pared de la tubería: 0.438"

Longitud promedio de cada tubo: 12 m

Tubos API-5LX grado X-52

Peso promedio de cada tubo: 2,998 Kg.

Tubería de costura longitudinal

Límite mínimo de fluencia: 52'000 psi

(36.6 Kg/mm²)

Presión máxima admisible: 64.1 Kg/cm²

Carga equivalente de crudo: 716 m

4.1.2 Instalación del falso puente para el tendido de tubería

Para poder salvar la quebrada, la tubería de reemplazo será colocada sobre un Puente Colgante, el cual tendrá entre sus puntos de apoyo una luz de 100 m y una diferencia de cotas de 15 m (ver plano N° 1). Previo a la construcción del Puente Colgante, la tubería será tendida sobre un falso puente (ver

plano N° 2), el cual servirá de apoyo provisional hasta la instalación del puente definitivo.

Este falso puente será construido con marcos H o columnas equivalentes, espaciados convenientemente, - foto N° 1 - asimismo deberían estar lo suficientemente cimentados sobre zapatas de concreto y debidamente arriostrados, de tal forma que cuando la tubería descansa sobre ellos, las cotas no sufran variaciones importantes, ya sea debido a las fuerzas horizontales y verticales ocasionadas por el peso de la tubería.

También debe tenerse en cuenta el peso que será producido por el agua, cuando la tubería esté colocada sobre el falso puente y se le tenga que hacer la prueba hidrostática.

En el plano N° 1, se puede observar la disposición, tanto de la línea del oleoducto (tubería antigua), así como el trazo de la tubería de reemplazo, también los puntos donde serán empalmados, tanto en la margen derecha como izquierda.

Para facilitar el tendido de tubería sobre el falso puente, estos marcos o columnas estarán provistos de unos rodillos - ver plano N° 3 - en su parte superior y de esta manera la tubería, al momento de ser lanzada, pueda desplazarse fácilmente sobre la quebrada.



FIG. 1.- Vista donde se observa las columnas que conforman el falso puente a través de la quebrada, también los rodillos sobre los cuales descansa la tubería de reemplazo de 36" \emptyset .

4.1.3 Características del Tramo de Reemplazo

El tramo de reemplazo de 36" \emptyset , tendrá aproximadamente una longitud de 200 m, de los cuales 100 m rectos, descansarán sobre el puente.

En la margen izquierda se harán dobleces a la tubería en una longitud de 60 m, estos serán dobleces horizontales y verticales, de tal forma que permitan el empalme correcto con la línea del oleoducto.

En la margen derecha también se harán dobleces en una longitud de 36 m, tanto horizontales como verticales a fin de lograr el empalme con la tubería del oleoducto.

En el cuadro N^o 4.1 se detallan los dobleces realizados en la tubería.

Posición	Número de Tubos	Angulo (α°)
Margen Izquierda	2 1	13 ^o
Margen Derecha	2 1 1	13 ^o 8 ^o 6 ^o

4.1.4 Soldadura y Tendido de Tubería

La soldadura y tendido de tubería se basará en la construcción de un "varillón", con los tubos de 12 m de longitud, los cuales conforme se vayan soldando irán conformando este "varillón", que será lanzado sobre el falso puente (ver fig. 4.1). Todo el proceso de soldadura y tendido se hará teniendo en cuenta lo descrito en el Capítulo I-c.

En el lanzamiento del "varillón" sobre el falso puente, debe arriostrarse lo convenientemente de tal forma de evitar un desplazamiento brusco sobre el puente.

Una vez tendida la tubería sobre el puente, que es la parte recta de la tubería de reemplazo, se soldarán los tubos con dobleces, tanto en la margen derecha como en la izquierda, hasta lograr el empalme con la tubería del oleoducto.

4.1.5 Equipos y Personal

4.1.5.1 Equipos

- 02 tractores tiende tubos de 15 Tn
- 01 grúa de 25 Tn
- 01 cargador frontal
- 02 bulldozer
- 16 máquinas de soldar
- 01 retroexcavadora
- 01 doblador de tubos
- 06 motosierras

- 01 máquina biseladora
- 01 cortadora de tubos en frío
- 04 equipos de oxi-corte
- 08 esmeriles
- 04 martillos neumáticos
- 01 compresora
- 04 equipos de arenado

4.1.5.2 Personal

- 01 capataz de soldadura
- 10 soldadores
- 06 esmeriladores
- 02 oxi-cortadores
- 14 operadores de maquinaria
- 02 tuberos
- 04 maniobristas
- 16 ayudantes

4.2 Tubería de 24" Ø By-Pass

4.2.1 Especificaciones de la Tubería

Diámetro de la tubería : 24"

Espesor de pared de la tubería : 0.250"

Longitud promedio : 12 m

Tubos API-5LS grado X-52

Peso promedio de cada tubo : 1147 Kg.

Tubería de costura helicoidal

Límite mínimo de fluencia : 52,000 psi

(36.6 Kg/mm²)

Presión máxima admisible : 54.9 Kg/cm²

Carga equivalente de crudo : 607 m.

4.2.2 Instalación de la Tubería By-Pass

La tubería By-Pass, que servirá para desviar el flujo de petróleo de la línea del Oleoducto, mientras se realiza el cambio del tramo afectado, debe colocarse a una de las márgenes de la tubería de oleoducto, teniendo especial cuidado en que el área, donde se colocarán los equipos T-D Williamson, sea lo suficientemente amplia (no menor de 400 m²) para facilitar la instalación y operación de estos equipos.

4.2.3 Soldadura y Tendido de la Tubería

La tubería By-Pass será conformada por tres "varillones" de las siguientes medidas: 96 m, 72 m y 48 m; éstos varillones serán soldados teniendo en cuenta las especificaciones descritas en el capítulo I-C.

Esta tubería en parte será tendida sobre el terreno, en las zonas de las márgenes y sobre marcos H, cuando esté sobre la quebrada.

A fin de que la tubería pueda acomodarse a las características topográficas del terreno se tendrán que hacer dos dobles de 6° y 8°, tal como se observa en la fig. 4.2

Una vez conformado el "varillón" total de 24" Ø, se soldarán en los extremos los codos de 90º, los cuales permitirán realizar la conexión, mediante los equipos T-D Williamson, con la tubería del Oleoducto de 36" Ø.

Para realizar el soldado y tendido de la tubería By-Pass, se empleará el personal y equipo descritos en 4.1.5.

En las fotos 2, 3, 4, 5, 6 y 7, se observan tanto la tubería de reemplazo de 36" Ø sobre el falso puente, la tubería de 24" Ø sobre el falso puente, la tubería de 24" Ø By-Pass (color rojo) y la línea del Oleoducto de 36" Ø en la quebrada (color blanco y negro).

4.2.4 Instalación de los Equipos T-D Williamson

Para la instalación de estos equipos que permitirán taladrar, obturar, instalar la línea By-Pass y desviar el flujo del Oleoducto, se deben tener en cuenta todas las consideraciones descritas en el capítulo III.

Elegidos los puntos, donde se instalarán los equipos T-D Williamson, se procederá a descubrir la tubería del oleoducto y preparar el área, de tal forma que permita el montaje y soldadura de las medias cañas (Stopples Fittings). Los procedimientos de soldadura que se emplearán deben ser conforme al API-1104.



FIG. 2.- Vista en la que se observan la margen derecha de la tubería de reemplazo sobre el falso puente y la tubería by-pass.



FIG. 3.- Vista de la parte central sobre la quebrada, se observan la tubería de reemplazo, la tubería by-pass y parte de la línea del Oleoducto.



FIG. 4.- Vista de la margen derecha, se observa el dobléz en la tubería de reemplazo y la tubería del Oleoducto con algunas reparaciones (parte blanca).



FIG. 5.- Vista del tramo recto de la tubería de reemplazo (100 m.).



-FIG. 6.- Vista de la margen izquierda, puede apreciarse el dobléz en la tubería de reemplazo.



-FIG.7.- Vista de la margen izquierda, se aprecia los dobleces tanto horizontales como verticales en la tubería de reemplazo, con dirección al empalme con el Oleoducto.

La parte de la tubería donde se colocarán las medias cañas deben drequearse. Para esto deberán hacerse pruebas de espesores de pared del tubo y determinar su estado, con la finalidad de desechar la posibilidad de que esta se haya deteriorado o debilitado a causa de la corrosión tanto interna como externa.

Este chequeo de espesor de pared determinará si es posible o no soldar las medias cañas en esta área.

Para el soldado de las medias cañas la superficie de la tubería debe prepararse, es decir debe ser limpiada eliminando todo rasgo de soldaduras, pinturas, suciedad, aceites u otras materias que puedan afectar el asentamiento y proceso de soldadura de las medias cañas.

La humedad que pueda estar sobre la superficie de la tubería o restos de pintura pueden ser una fuente de hidrógeno atómico, el cual puede ser absorbido durante el proceso de soldadura y producir agrietamientos en ella.

Para la soldadura de las medias cañas se recomienda electrodos de bajo hidrógeno AWS-E-XX16 o AWS-E-XX18. Estos electrodos son recomendados para líneas ubicadas en lugares donde hay alta humedad o temperaturas abajo de los 50°F.

Para el proceso de soldadura debe tenerse en cuenta la siguiente secuencia:

Primero deben realizarse las costuras longitudinales y luego las circunferenciales, siguiendo el siguiente esquema (fig. 9).

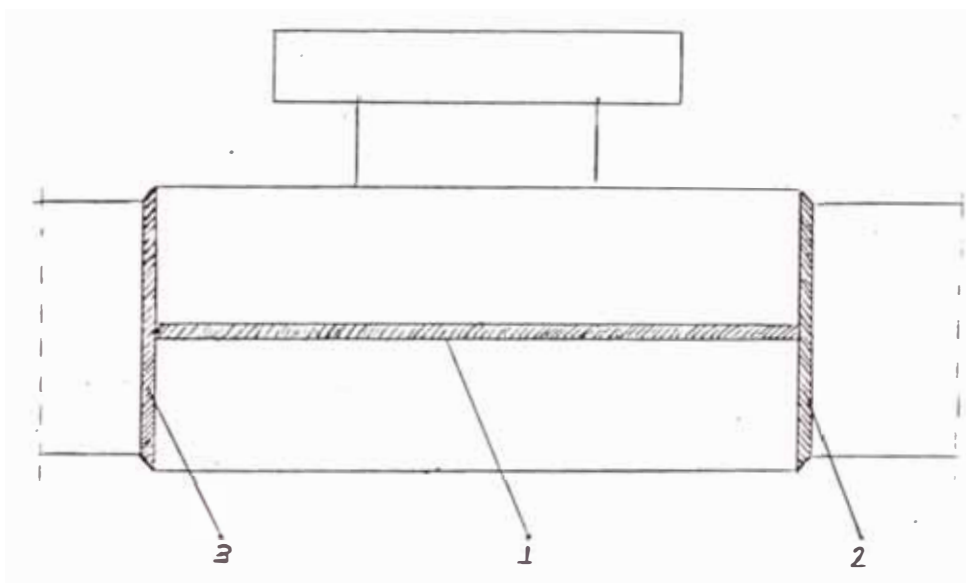


FIG. 9

Luego de la instalación de los Stopple Fittings o medias cañas, se procede a la instalación de los equipos para talar, instalar la línea by-pass, obturar y desviar el flujo del Oleoducto, de acuerdo a lo descrito en el capítulo III.



FIG. 10.- Vista de la margen izquierda, se observa el codo colocado sobre la válvula sandwich para su conexión con la tubería by-pass.



FIG. 11.- Vista de la margen izquierda, se observa la tubería by-pass a ser cortada para su unión con el codo conexión con la tubería de oleoducto.



FIG. 12.- Instalación de la máquina taladradora



FIG. 13.- Instalación de la máquina taladradora



FIG. 14.- Instalación de la máquina taladradora en la Margen Izquierda.



FIG. 15.- Máquina Taladradora instalada sobre la válvula sandwich.

C A P I T U L O V

PRUEBAS EJECUTADAS EN LOS TRABAJOS DE REEMPLAZO

5.0 PRUEBAS EJECUTADAS EN LOS TRABAJOS DE REEMPLAZO

Las pruebas que se realizaron durante la ejecución de los trabajos fueron los siguientes:

- Pruebas Topográficas
- Pruebas de espesores y gases
- Pruebas destructivas
- Pruebas no destructivas
- Pruebas hidráulicas
- Prueba de funcionamiento

5.1 Pruebas Topográficas

Con el plano topográfico de la zona, se procedió a la ubicación y verificación de los BM establecidos, haciéndose las correcciones y ajustes necesarios de sus cotas.

Luego la ubicación de la tubería del Oleoducto, cotas del tramo que será reemplazado, los puntos donde se harán las conexiones con la tubería by-pass, el lugar donde se ubicaran los equipos para realizar el taponamiento y corte de la tubería, importante la ubicación de estos puntos porque serán las zonas donde se realizarán los empalmes de la tubería del Oleoducto con el tramo reemplazante, también la verificación del perfil topográfico del terreno, entre los extremos del by-pass, para poder adecuar el terreno y realizar el tendido de la línea by-pass, es decir en base a este perfil se determinarán el número de dobleces tanto verticales como horizontales, que se harán a la tubería, de

igual manera para determinar las cunas de empalme de la tubería de 36" Ø. *zonas*

5.2 Pruebas de espesores y gases

Se realizaron pruebas de espesores, en las zonas o puntos donde se ubicarán los equipos T-D Williamson, es decir verificar los espesores de la tubería en estas zonas, donde serán soldadas las bridas TEE. En esta parte del terreno la tubería se encuentra enterada, al ser descubierta se pudo notar, el recubrimiento deteriorado, con esta prueba se descartó cualquier desgaste en el material de la tubería que pudiera haber sido causado por la corrosión y afectado el espesor de la tubería.

También se hizo, mediante el uso del explosímetro, prueba de fuga de gases, en todo el tramo de la tubería a cambiar, ya que debido a las múltiples roturas que ha sufrido el Oleoducto en este tramo, este ha sido reparado, con el uso de grapas y soples, habiéndose detectado en estos puntos pequeñas fugas de crudo, se procedió a realizar la prueba de gases, a fin de determinar posibles fugas que pudieran ocasionar algún peligro, durante los trabajos de soldadura.

5.3 Pruebas Destructivas

Se realizarán pruebas destructivas de muestras. Por soldador se realizará una prueba destructiva de soldadura, es decir se cortará y ensayará la soldadura designada, para luego proceder a aprobarla o rechazarla.

Cuando se esté soldando la tubería para unirla en los lugares donde se haya cortado soldaduras de prueba, se utilizará una sola soldadura de remplazo, si resulta practicable mover la tubería a tal posición. De otra manera se harán dos soldaduras incorporando un niple que tendrá un largo no menor de dos (2) metros.

Cuando se realiza la prueba de soldadura cortada, los cortes serán efectuados en las ubicaciones sugeridas de especímenes de prueba de conformidad con lo indicado en las Normas de Soldadura en el campo de Tuberías API Standard 1104.

5.4 Pruebas no Destructivas

Se realizarán pruebas de tintes penetrantes y pruebas de radiografía o ganimagrafía. Las pruebas de tintes penetrantes serán realizadas luego de haberse realizado el primer pase de soldadura o fase de raíz, para evitar posibles fallas, que de no haberlas se continuará con el segundo pase, caso contrario se procederá a la limpieza de la misma.

Las pruebas de radiografía se realizarán luego de haberse concluido todas las costuras y empalmes. Todas las técnicas radiográficas o ganimagr^máficas, calidad de películas y normas de aceptación cumplirán con los requisitos del API Standard 1104.

En los cuadros siguientes se muestran los resultados de las pruebas radiográficas, a las que fueron sometidas todas las

costuras de soldadura de la tubería del Oleoducto. En dicho cuadro se muestra los defectos observados en cada una de ellas, para su calificación, que determinará la aceptación o reparación parcial o total de la costura.

5.5 Pruebas Hidráulicas

Las pruebas hidráulicas a las que se someterá la tubería del Oleoducto, se ajustarán al siguiente proceso.

5.5.1 La tubería se probará de conformidad con la última edición el ANSI B-31.4. El procedimiento de prueba se someterá a aprobación, por lo menos 30 días antes de iniciar los trabajos. Este procedimiento de definir la ubicación, la fuente de agua de prueba, el equipo que se usará, el programa de la prueba, el método para la extracción del agua, los puntos utilizados para llenar el tubo con el agua de prueba.

5.5.2 La presión de prueba no deberá exceder lo que se requiere para producir esfuerzos tangenciales de 90% del punto de fluencia del material del tubo, basado en el espesor y diámetro nominal de la pared del tubo.

5.5.3 El agua que se usará para la prueba hidrostática será limpia y fresca bajo presión. Deberá tomarse las medidas necesarias para obtener el aprovisionamiento adecuado del agua de relleno y para eliminar tal agua de una manera que no dañe bienes de terrenos.

5.5.4 Las presiones serán verificadas en todo momento mediante el mantenimiento de un instrumento registrador de presión para registrar las presiones y cambios de las mismas a través de todo el periodo de prueba.

Para verificar las lecturas de presiones que ha hecho el registrador de presiones se utilizará una balanza de peso muerto.

La prueba de presión se efectuará utilizando las presiones indicadas en el diagrama de prueba. El periodo de prueba será de 24 horas.

La presión estática debe mantenerse en la tubería, durante 24 horas sin ninguna baja, ni aumento inexplicable, de presión para que la prueba sea aceptable.

Los resultados de la prueba deben incluir todos los gráficos de registro, el registro de la lectura por hora de temperatura y peso muerto e informes de cualquier escape o rotura.

5.5.5 Los escapes o roturas de la tubería durante el transcurso de la prueba que sean resultado de fallas de construcción o materiales defectuosos, deben ser reparados, procediéndose luego a otra prueba.

Del ANSI B31.4, se obtuvieron los siguientes datos para

realizar las pruebas hidrostáticas, tanto en la tubería de reemplazo, como en la tubería by-pass.

En la tubería By-Pass

Diámetro de la Tubería (D) : 24"

Espesor de pared del tubo (t) : 0.25"

Grado del material API 5LX : X52

Valor del esfuerzo permisible (S) : 37,450 psi

El valor de la presión interna de diseño (Pi) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{2 t S}{D}$$

Reemplazando datos, tenemos:

$$P_i = 780.21 \text{ psi}$$

La presión de prueba debe ser por lo menos 1.25 veces la presión interna de diseño.

Luego:

$$P_{\text{Prueba}} = 975.26 \text{ psi}$$

En la tubería de reemplazo:

Diámetro de la tubería (D) : 36"
Espesor de pared del tubo (t) : 0.438"
Grado del material API 5LX : X52
Valor del esfuerzo permisible : 37,450 psi

Reemplazando datos en la fórmula anterior:

$$P_i = 911.28 \text{ psi}$$

Luego:

$$P_{\text{Prueba}} = 1,139.10 \text{ psi.}$$

En los cuadros siguientes, se detallan los datos obtenidos en cada una de las pruebas, se indica duración de las mismas, medidas de presión y temperatura, así como la hora a la cual se tomaron las lecturas (ver Anexo C)

El agua utilizada para la prueba, fue proveniente de la naciente de una quebrada, de buena calidad, limpia, y se bombeo directamente a la tubería.

La tubería fue acondicionada, tal como se observa en la foto, se tapó sus extremos con "puntas de lápiz", se le instaló manómetros en ambos extremos, así como válvulas, tanto para

la purga, como para la conexión con la bomba para levantar presión.

Se obtuvieron resultados satisfactorios en ambas pruebas.

C A P I T U L O V I

EVALUACION ECONOMICA

6.0 EVALUACION ECONOMICA

Para la evaluación de costos se han considerado tres rubros importantes, que corresponden a los siguientes item:

Ingeniería del Proyecto

Obra

Insumos Importados

6.1 Ingeniería del Proyecto

Estos costos comprenden:

6.1.1 Trabajos Preliminares

- Recopilación y estudio de la información existente
- Movilización y desmovilización del personal para los trabajos de campo
- Movilización y desmovilización de equipos, materiales e insumos al lugar materia de estudio
- Costos de movilización, alimentación y campamento para el personal en general.

6.1.2 Estudio de Mecánica de Suelos

Sondajes

- Muestras y Pruebas de Campo
- Pruebas de laboratorio

Estudio e Informe

6.1.3 Trabajos de Topografía

- Verificación Topográfica
- Confección de planos e informes

6.1.4 Diseño

- Desarrollo y Evaluación de Alternativas
- Anteproyecto
- Preparación de especificaciones, metrado, cronograma e informes.

6.2 Obra

6.2.1 Trabajos Preliminares

- Transporte de materiales e insumos
- Instalación de campamento, almacenes y oficinas
- Movilización y desmovilización del personal
- Movilización y desmovilización de los equipos
- Replanteo y trazo de ejes
- Protección de las instalaciones existentes
- Alimentación al personal
- Servicios al personal

6.2.2 Tubería

- Replanteo y trazo de ejes
- Reparación y habilitación de tuberías de 24" Ø y 36" Ø a utilizar.
- Instalación de marcos H

- Soldado e instalación de tubería de 36" Ø
- Instalación de tubería de 36" Ø en puente
- Instalación de la tubería de 24" By-Pass
- Desviación y taponamiento del oleoducto.
- Corte y desmontaje de la tubería de 36" Ø reemplazada
- Empalmes de la tubería de 36" Ø.
- Desmontaje de los equipos TD Williamson
- Desmontaje de la tubería de 24" Ø By-Pass
- Recuperación, habilitación y almacenaje de las tuberías de 24" Ø y 36" Ø utilizadas.
- Pruebas hidrostáticas
- Pruebas radiográficas
- Revestimiento de la tubería enterrada
- Pintura de tubería aérea

6.3 Costos de Insumos importados

6.3.1 Tubería de 24" Ø

6.3.2 Tubería de 36" Ø

6.3.3 Equipos TD Williamson

En los cuadros 6.1, 6.2 y 6.3 se muestran los costos correspondientes a cada partida. El resumen se muestra en el cuadro 6.4

6.4 Cronograma

En el cuadro 6.5 se muestra el cronograma de ejecución del presente proyecto.

CUADRO 6.1

Fecha: SET'85

1\$US = 13.89

Item	Partidas	Monto (\$)
6.1	Ingeniería del Proyecto	
6.1.1	Trabajos Preliminares	
6.1.1.1	Recopilación y Estudio Informativo Exist.	1,500
6.1.1.2	Movilización y Desmovilización Personal	1,200
6.1.1.3	Movilización y Desmovilización Equipos	750
6.1.1.4	Costo de Mov., Aliment. y Campamento	4,500
6.1.2	Estudio de Mecánica de Suelos	
6.1.2.1	Sondajes	6,000
6.1.2.2	Muestras y pruebas de campo	600
6.1.2.3	Pruebas de laboratorio	1,500
6.1.2.4	Estudio e informes	1,500
6.1.3	Trabajos de Topografía	
6.1.3.1	Verificación Topográfica	450
6.1.3.2	Confección de planos e informes	300
6.1.4	Diseño	
6.1.4.1	Desarrollo y Evaluación de Alternativa	3,000
6.1.4.2	Anteproyecto	3,000
6.1.4.3	Prep. Especific., Metrado, Cronog. e Informe	5,000

CUADRO 6.2

Fecha: SET 85

1\$US = I/. 13.89

Item	Partidas	Monto (\$)
6.2	Obra	
6.2.1	Trabajos Preliminares	
6.2.1.1	Transp. de Materiales e Insumos	30,000
6.2.2.2	Campamento, Almac. y Oficinas	37,500
6.2.2.3	Moviliz. y Desmoviliz. de Personal	48,000
6.2.2.4	Moviliz. y Desmoviliz. de Equipos	36,000
6.2.2.5	Replanteo y trazo de ejes	3,000
6.2.2.6	Protección Instalaciones existentes	4,500
6.2.2.7	Alimentación al personal	72,000
6.2.2.8	Servicios al personal	3,000
6.2.2	Tubería	
6.2.2.1	Replanteo y Trazo de ejes	4,500
6.2.2.2	Rep. y hab. de tubería 24"Ø y 36"Ø a util.	15,000
6.2.2.3	Instalación de marcos H	6,000
6.2.2.4	Soldado e instalación de Tub. de 36"Ø	60,000
6.2.2.5	Inst. de Tubería de 36"Ø en puente	42,000
6.2.2.6	Inst. de los Equipos TD Williamson	15,000
6.2.2.7	Instalac. de Tub. 24" Ø By-Pass	30,000
6.2.2.8	Desviación y Taponamiento del Oleoducto	30,000
6.2.2.9	Corte y desmont. Tub. 36" Ø reempl.	12,000

6.2.2.10	Empalmes de la Tub. 36" Ø	12,000
6.2.2.11	Desmontaje de los equipos TD Williamson	4,500
6.2.2.12	Desmontaje de la tub. 24" Ø By-Pass	4,500
6.2.2.13	Recup, habilit. y almac. tub. 24"Ø y 36"Ø util.	12,000
6.2.2.14	Pruebas hidrostáticas	9,000
6.2.2.15	Pruebas radiográficas	18,000
6.2.2.16	Revestimiento de tubería enterrada	7,500
6.2.2.17	Pintura de tubería aérea	9,000

CUADRO 6.3

Fecha: SET 85

1\$US = I/. 13.89

Item	Partidas	Monto (\$)
6.3	Insumos importados	
6.3.1	Tubería 24" Ø	25,000
6.3.2	Tubería 36" Ø	60,000
6.3.3	Equipos TD Williamson	30,000

CUADRO 6.4

RESUMEN DE COSTOS

Fecha: SET 85

1\$US = I/. 13.89

Item	Partidas	Monto (\$)
6.1	Ingeniería del Proyecto	
6.1.1	Trabajos Preliminares	7,950
6.1.2	Estudio de Mecánica de Suelos	9,600
6.1.3	Trabajos de Topografía	750
6.1.4	Diseño	11,000
	Sub-Total	29,300
6.2	Obra	
6.2.1	Trabajos Preliminares	234,000
6.2.2	Tubería	291,000
	Sub-Total	525,000
6.3	Insumos Importados	
6.3.1	Tubería de 24" Ø	25,000
6.3.2	Tubería de 36" Ø	60,000
6.3.3	Equipos TD Williamson	30,000
	Sub-Total	115,000
	TOTAL	669,300

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo describe un método de reparación de oleoductos con tubería bajo presión, es decir sin interrupción del flujo de petróleo, teniendo en cuenta que una interrupción ocasionaría el no suministro de aproximadamente 200,000 barriles diarios, esto se logra utilizando un by-pass, cuya instalación se realiza utilizando equipos especiales como lo son los T-D Williamson y que sirven para obturar, taponear y desviar el flujo en un tramo del oleoducto Nor-Peruano, este proceso que se usó por primera vez en el ONP y que se traduce en este trabajo, servirá pues como una guía para futuras reparaciones, teniendo en cuenta que el oleoducto viene presentando problemas como el descrito en el Km 323 ONP.
2. Debido a que el ONP, lleva más de diez años de operación y por tanto las condiciones naturales en muchos lugares de su recorrido han sufrido variaciones importantes, debidas principalmente a la lluvia y como consecuencia de esto a reajustes en la geología del terreno, la tubería que hace su recorrido enterrada, se ha visto afectada por estos cambios, esto nos indica que en algunos lugares del recorrido se ha subestimado las condiciones del terreno y esto obliga a un replanteamiento de la ruta en esos lugares críticos, esto significa que debemos tener muy en cuenta la topografía, geología y condiciones de la zona para futuras instalaciones de tuberías ya sea de oleoductos o gaseoductos.

3. Debido a que existen factores climatológicos muy determinantes en la ejecución de las obras de reparación como son las lluvias, es necesario que el cronograma de ejecución, sea elaborado de tal manera que prevea estas circunstancias, que son las que causan retrasos y por ende el encarecimiento de dichas obras.

4. El área donde generalmente se encuentra la tubería afectada es de topografía difícil, es por esta razón que los accesos y la zona misma sean despejadas lo convenientemente y preparadas de tal forma que permita libremente el estacionamiento de las tuberías, equipos y la maniobrabilidad de los mismos para las labores de instalación.

5. Por las dificultades que presenta la topografía del terreno, hay que tener bastante cuidado en la elección de los puntos donde se ubicarán las válvulas "sandwich", fin de dar facilidad de maniobra a los equipos que se utilizaran en el proceso de instalación.

6. Es muy importante la evaluación de los espesores de la tubería en el lugar donde se van a colocar las medias cañas, así como de fuga de gases, a fin de evitar cualquier peligro de explosión cuando se realice el proceso de soldadura.

7. Se debe tener especial cuidado en la preparación de la tubería donde se ubicarán las medias cañas, porque éstas serán presentadas, niveladas y luego soldadas siguiendo la secuencia especificada para este caso.

8. Para el caso en el cual hay que ubicar la tubería reemplazante sobre un puente colgante, como es el descrito, es necesario que el falso puente conformado por marcos H, provisional a la instalación definitiva, tenga todas las seguridades del caso, es decir si va a estar en una zona sometida al paso del agua sobre la quebrada y las lluvias, entonces las bases de estos marcos, deben considerar el hundimiento que se pueda producir debido al peso propio del marco y base, de la tubería y al del agua que contendrá cuando tenga que realizarse la prueba hidrostática, a fin de evitar que el hundimiento de estos soportes puedan ocasionar un pandeo exagerado de la tubería (varillón), de igual manera lo suficientemente arriostrados para evitar un desplazamiento en la dirección del eje de la tubería.

9. De acuerdo a las condiciones topográficas se deberá en lo posible tratar de hacer la menor cantidad de dobleces en la tuberías de la línea By-Pass.

10. Según lo permita el terreno se deberá elegir la manera de conformar la línea, ésta podrá ser formada soldando tubo por tubo sobre el terreno donde quedara instalada o conformar un varillón en un lugar determinado para luego lanzarlo sobre el terreno, esto es importante porque permite un menor manejo en el uso de los equipos, teniendo en cuenta las dificultades que generalmente ocasiona la lluvia en los procesos de soldadura.

11. La programación en el proceso de arenado y pintado de la tubería y demás recubrimientos tanto para la tubería aérea como enterrada, debe ser cuidadosamente planeada, deben preverse los depósitos adecuados para evitar tener arena húmeda, los toldos necesarios a fin de que una probable lluvia pueda interrumpir y malograr el proceso de limpieza de la tubería y la aplicación de su recubrimiento.

12. El personal seleccionado para los procesos de reparación debe ajustarse estrictamente a las consideradas en las normas técnicas para la construcción de oleoductos, es decir se debe contar con el personal técnico de soldadura, que hayan pasado y aprobado las pruebas de soldadura para oleoductos, de igual manera con un personal de maniobra con la suficiente experiencia para poder instalar los equipos T.D. Williamson. Es muy importante que la Supervisión de todos los trabajos sea muy exigente en el cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas para la ejecución de la obra.

13. Considerando que el flujo de petróleo circulará por el bay-pass aproximadamente ocho semanas, es necesario indicar la importancia de éste en el reemplazo del tramo afectado, porque en caso contrario hubiera tenido que pararse el flujo durante este tiempo, ocasionando las pêrdidas de un no despacho diario máximo de 200,000 barriles diarios.

14. El costo del proyecto de aproximadamente US\$ 670,000 y si consideramos el costo del puente colgante que soportará la tubería, el total asciende a US\$ 1'100,000, si asumimos que el oleoducto opere a 50%, a un costo de US\$ 17 por barril, estaríamos dejando de percibir US\$ 1'700,000 diarios, con lo cual se evidencia la gran importancia de no parar el bombeo de petróleo.

15. El presente trabajo nos muestra también la capacidad del personal técnico con que cuenta el Perú y la posibilidad de estar en condiciones para realizar trabajos de reparación de oleoductos en el ámbito internacional, considerando la experiencia alcanzada por nuestros técnicos en una geografía tan difícil como lo es tener un oleoducto que atravieza la costa, sierra y selva.

BIBLIOGRAFIA

- Liquid Petroleum Transportation Piping Systems
ANSI B 31.4 (American National Standard code for
Pressure Piping).
Published by the American Society of Mechanical
Engineers.
United Engineering Center, 345 East 47 th Street
New York, N.Y. 100117.
April 30, 1971.

- Norma para la Soldadura de Oleoductos e Instala-
ciones Conexas-API Std 1104 (American Petroleum
Institute.- Division of Transportation).
Published by American Petroleum Institute
1801 K. Street, N.W.
Washington, DC. 20006
December, 1971.

- Reparación de Oleoductos y Tuberías sin Interrup-
ción del Servicio.
Publicado por T.D. Williamson Inc.
P.O. Box 3409, Tulsa, Oklahoma, 74101
Año 1980.

- Operation and Maintenance Instruction TDW
Publicado por T.D. Williamson, Inc.
P.O. Box 3409, Tulsa, Oklahoma 74101
Año 1980

- Reemplazo de un tramo del Oleoducto con la Tu-
bería Bajo Presión.
Ing. Iván Grimaldo Cordero.
Publicación Petro-Perú - División Oriente-Piura
Año 1984.

- A Guide to Welding on Pressure Piping in Plants
and Pipelines.
Publicado por T.D. Williamson, Inc.
P.O. Box 3409, Tulsa, Oklahoma 74101
Año 1980.

- Criterios y Bases para el Diseño del Oleoducto
Nor-Peruano.
Ing. Teodomino Cuzcano S.
Ing. Juan Manuel Arquimio A.
Publicado por el Dpto. Técnico Operaciones Oleo-
ducto Petro-Perú-Lima
Noviembre 1985.

- Especificaciones, Uso y Selección de Tuberías.
Ing. Ramón Espinoza Palacios
Publicado por el Area de Ingeniería. Dpto. de
Construcciones y Petro-Perú.
Noviembre 1980.

- Pruebas Hidrostáticas
Ing. Carlos Schiaffino
Publicado por el Dpto. de Construcciones, Petro-
Perú.
Noviembre 1982.

- Método de Construcción de Oleoductos
Tesis de Titulación Profesional
Ramón Espinoza Palacios
Facultad de Ingeniería Mecánica - U.N.I.
Año 1977

- Análisis de la Experiencia de la Construcción
del Oleoducto Nor-Peruano.
Tesis de Titulación Profesional
Juan Manuel Arquimio Arteaga
Facultad de Ingeniería Mecánica U.N.I.
Año 1981.