

109  
281.



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

## CONSTRUCCION DE DUCTOS DE ACERO

### T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

JOSE MARIA MACIAS OSUNA



México, D. F.

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	PAG.
INTRODUCCION. . . . .	1
CAPITULO I.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION. . . . .	4
I.1.- Ubicación y Trazo del Derecho de Vfa.	
I.2.- Licencia de Paso.	
I.3.- Desmonte y Conformación. . . . .	5
I.4.- Excavación de la Zanja. . . . .	7
I.5.- Tuberías. . . . .	10
I.6.- Soldadura . . . . .	14
I.7.- Limpieza y Pintura. . . . .	24
I.8.- Esmaltado y Envoltura . . . . .	28
I.9.- Fallas en el Revestimiento. . . . .	31
I.10.- Abastecimiento de Materiales.	
I.11.- Bajado y Tapado de Tubería. . . . .	33
I.12.- Acondicionamiento Final del Derecho de Vfa.	34
I.13.- Trabajos Especiales. . . . .	35
CAPITULO II.- EQUIPO QUE SE UTILIZA. . . . .	37
II.1.- Selección del Equipo.	
CAPITULO III.- ESPECIFICACIONES PRINCIPALES . . . . .	40
III.1.- Especificaciones de Tuberías para Ductos.	
III.2.- Diámetro Exterior de la Tubería.	
III.3.- Espesor de Pared de la Tubería.	
III.4.- Peso Teórico de la Tubería.	
III.5.- Longitud Promedio de los Tramos de Tubería.	41
III.6.- Tipo de Tubería.	
III.7.- Especificaciones de la Tubería.	

	PAG.
III.8.- Grados de la Tubería. . . . .	42
III.9.- Tendido de la Tubería.	
III.10.- Número de Tubos que podrán ser Estibados - uno sobre otro.	
III.11.- Ancho Normal del Derecho de Vfa. . . . .	43
III.12.- Profundidad Mínima de Zanja.	
III.13.- Protección Interior y Exterior de la Tube- ría. . . . .	44
III.14.- Espesor Mínimo de la Capa de Tierra para - Tubería Enterrada .	
III.15.- Soldadura para Tramos de Tubería .	
III.16.- Protección Anticorrosiva. . . . .	45
III.17.- Pruebas a las que se Somete la Tubería. . .	46
Conclusiones y Recomendaciones. . . . .	47
Bibliografía. . . . .	50

## I N T R O D U C C I O N

En la industria petrolera, la producción, la refinación y el transporte son procedimientos tan estrechamente ligados entre sí, en tal forma, que el desarrollo de cada uno de estos, esta intimamente sujeto a los demás.

De los pozos se obtiene el petróleo crudo y el gas natural, que son las materias primas que utiliza la industria.

Con base en el papel que juega en la vida de México, los sistemas de transporte de hidrocarburos, es fácil comprender la importancia que tiene para la industria petrolera nacional y para el país que dichos sistemas se planeen, se proyecten y se construyan en forma adecuada.

El descubrimiento de nuevos campos productores de petróleo y gas, el desarrollo de los ya existentes la construcción de nuevas plantas y refinerías así como el crecimiento de los mercados, provoca un audaz desarrollo en los sistemas de transporte.

El sistema más económico y más eficaz para la transportación terrestre de los productos obtenidos en las refinerías, así como petróleo crudo es el oleoducto, para el gas natural es el gasoducto.

Bajo ciertas condiciones, los transportes de petróleo crudo y sus derivados se pueden efectuar por ferrocarril, carretera y mar, este medio de transporte constituye un valioso auxiliar y complemento del transporte por oleoducto.

En materia de transporte por tubería, el oleoducto y el gasoducto prácticamente llevan el pozo productor de petróleo hasta el lugar donde se origina la demanda.

El transporte por tubería es el principal medio de transporte de la industria petrolera y sin dicho medio sería prácticamente imposible abastecer eficiente y económicamente las principales zonas consumidoras del país. Las nuevas tuberías de conducción que ha instalado Petróleos Mexicanos están construídas con materiales de la mejor calidad, siguiendo las técnicas más modernas y con apego a los principales códigos de calidad y seguridad, pero todavía se puede mejorar notablemente en los renglones de planeación, programación y control de esta clase de obras.

Clasificación de las tuberías de conducción para fines prácticos :

- A.- Sistemas o tuberías de recolección de petróleo crudo, gas natural o una combinación de ambos.
- B.- Oleoductos de crudo o tuberías principales para la conducción de petróleo crudo entre los campos petroleros y las refinerías o las instalaciones portuarias para el embarque fluvial o marítimo.
- C.- Líneas de productos destilados o poliductos, para el transporte de productos refinados como las gasolinas, turbosinas, kerosenas y diesel, desde las refinerías hasta las terminales de recibo, almacenamiento y distribución o hasta las instalaciones portuarias para un embarque fluvial o marítimo.
- D.- Gasoductos o tuberías principales para la conducción de gas natural, entre los campos productores y las plantas de tratamiento y entre dichas plantas y los centros de consumo.
- E.- Líneas de productos petroquímicos para el transporte de productos tales como el etano, el etileno, el amoníaco, etc. entre plantas o de plantas a terminales de almacenamiento y distribución o viceversa.

Actualmente Petróleos Mexicanos cuenta con equipo suficiente, personal especializado, capacitado y sobre todo con la experiencia indispensable para la realización oportuna y satisfactoria de tuberías de conducción de gran magnitud.

En México donde los hidrocarburos representan desafortunadamente, el 89% de la energía total que consume el país, el transporte y la distribución de los mismos, revisten una gran importancia.

En 1983 el volumen de crudo transportado por oleoductos fué en promedio de 1049525 BDC(\*) Por lo relativo a el volumen de gas transportado por la red interna de gasoductos del país de 2622.1 -- MMPCD(\*\*).

Analizando las cifras nos podemos dar cuenta de la importancia de las tuberías de conducción para nuestro país, ya que de un presupuesto anual de Petróleos Mexicanos, el 7% aproximadamente se destina a las tuberías de conducción.

(\*) BDC = Barriles diarios de crudo.

(\*\*)MMPCD= Miles de Millones de pies cúbicos diarios de gas.

## CAPITULO I.

### PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

#### I.1.- UBICACION Y TRAZO DEL DERECHO DE VIA.

La ubicación se lleva a cabo por un ingeniero con experiencia y se procura buscar lugares no montañosos, ni rocosos. Los lineamientos que se siguen para esta ubicación son: Deflexiones no mayores de  $25^\circ$  ; efectuar orientaciones solares cada 10 Kms.

Estacar la línea sobre el terreno, a cada 50 mts. sobre el eje que deberá tener la línea una vez construida. Se deja a cada 200 mts estacas de referencia, con el kilometraje de la línea marcado fuera del derecho de vía en el lado opuesto al extremo donde se excava la zanja.

La pendiente máxima permitida para este tipo de construcción es del 15%.

El ingeniero localizador va auxiliado por un ingeniero topógrafo, el cual va detallando líneas telefónicas, caminos, arroyos, predios afectados, etc. Otro ingeniero va encargado de llevar la nivelación del perfil de la línea centro del ducto, siendo obligación de éste, dejar bancos de nivel, cada 2 Kms. estos bancos son hechos de concreto, dejandoles marcado su número y kilometraje. Luego se calcula tanto la poligonal abierta como las cotas del terreno natural quedando listo esto para dibujar, ya que se requiere un plano general, así como planos parciales con detalles de 10 en 10 Kms.

#### I.2.- LICENCIAS DE PASO.

Se efectúan gestiones y trámites legales necesarios para obtener y suministrar un derecho de vía que se observa en las especificaciones solamente para los fines de construcción del ducto, durante

el tiempo que dure la construcción. También se pagan los daños a todas aquellas personas que resulten perjudicadas en sus intereses al pasar el ducto por sus propiedades.

Algo muy importante que siempre se debe tener en cuenta al iniciar la construcción de cualquier ducto, es hacer una inspección del equipo con que se cuenta, así como su estado y su rendimiento. También se somete a un exámen a los soldadores que van a intervenir en dicha construcción.

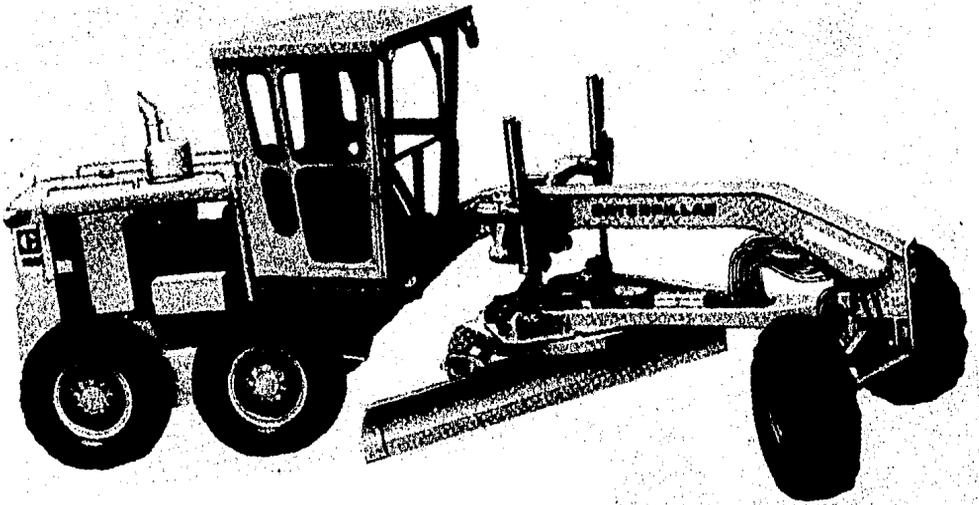
Otro de los puntos que tiene necesidad el constructor conocer, es aquél en que se tiene que familiarizar con la región por donde pasa el ducto, la naturaleza del terreno, ríos, cruzamientos de ferrocarril y vías de comunicación existentes en la región.

### I.3.- DESMONTE Y CONFORMACION.

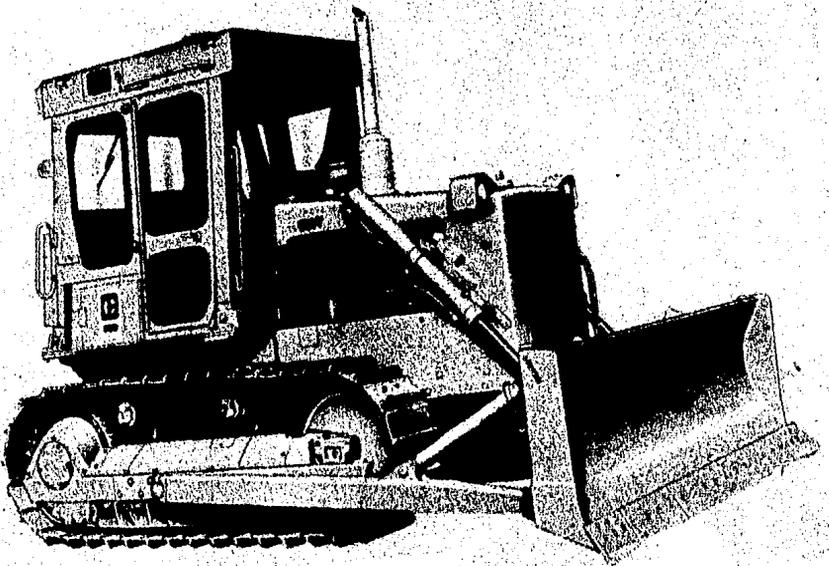
Toda la amplitud de derecho de vía se desmontará por completo, teniendo cuidado de que ningún tronco, por pequeño que sea sobresalga de la superficie del terreno cualquier tronco que quede en la línea del trazo o a menos de un metro de dicha línea, en cualquier dirección, deberá ser extraído completamente. El desperdicio que resulta del desmonte, será amontonado a un lado del derecho de vía, de tal forma que no estorbe el paso de personas o vehículos, ni afecte en alguna manera a los propietarios o usuarios del terreno que se atraviese. Las ramas sobrantes se queman y la madera que queda se pone a disposición de los dueños de los terrenos afectados como señala la Ley Forestal.

Se deja la brecha despejada de desperdicios sueltos, provenientes del desmonte, de manera que el material sobrante de la excavación de la zanja, no se mezcle con dichos desperdicios.

La conformación del derecho de vía, consiste en abrir una brecha de anchura especificada, salvo en los casos en que el derecho de vía sea más angosto se limitará el ancho del espacio disponible.



Motoconformadora  
Equipo para la conformación del  
Derecho de Vía.



Tractor empujador  
Equipo para el Desmonte.

Los productos de la conformación no deben acumularse sobre cercas de propiedad pública o privada, únicamente en casos extremos. El material excavado durante la apertura o conformación de la brecha, se depósita a un lado del derecho de vía, teniendo cuidado de no obs -- truir el drenaje del terreno.

#### I.4.- EXCAVACION DE LA ZANJA.

Consiste en la extracción del material, remoción de troncos y raíces, colocación del material producto de excavación en el sitio - indicado por el proyecto, precauciones necesarias.

Cuando se usen explosivos, colocación de pasos provisionales, bombeo y ademes cuando sea necesario.

Si el derecho de vía no esta abierto y conformado a satisfacción, no se permitirá excavar la zanja.

Las especificaciones señalan que la zanja para alojar el tubo debe tener la anchura y profundidad mínima de tal forma que quede sobre el tubo en toda su longitud una cubierta de tierra no menor de - la especificada.

En casos cuando se requiere evitar operaciones innecesarias de doblado de la tubería; como en curvas verticales, se le da más pro - fundidad a la zanja. Esto se efectua con el objeto de no obligar a la tubería a seguir irregularidades pronunciadas de la superficie -- del terreno.

El material excavado en la zanja se debe colocar del lado opu -- esto al que se distribuye la tubería y se debe mantener por lo menos a 0.30 m. del borde de esta.

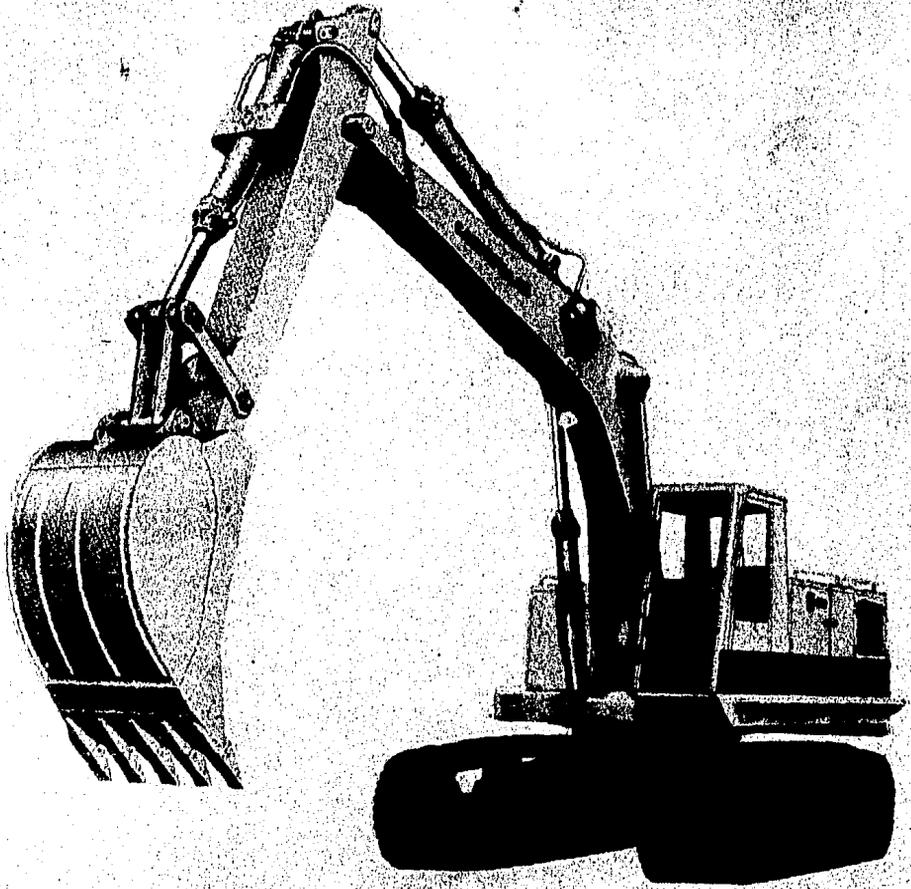
. . .

La clasificación del suelo, donde se excava la zanja para efectos de pago, se efectúa de la siguiente forma: En todos aquéllos lugares en que la excavación de la zanja se haga o se pueda hacer con máquinas zanjadoras o pico y pala, sin el uso de explosivos o barrenadoras neumáticas, se considera como excavación en tierra; en los lugares en que sea necesario usar explosivos, se considera como excavación en roca; En aquéllos lugares en que la excavación se inicie en tierra y al profundizarla se encuentre roca, se hará una estimación de la proporción de ambas.

En algunos casos el cruce con algunas zonas especiales, nos hace modificar las dimensiones de la zanja.

#### CERCAS.

En todo lugar donde la línea atravieza una cerca, se dá aviso al dueño o encargado del terreno, antes de cortar dicha cerca.



**Retroexcavadora**

**Equipo para la excavación de la zanja.**

Inmediatamente que se corte una cerca se instala en dicho punto y se mantiene durante el tiempo que dure la construcción un "falsete" o puerta provisional.

#### I.5.- TUBERIAS

La descarga, almacenamiento, acarreo y distribución de la tubería y demás materiales necesarios para la construcción del ducto, son cargados y distribuidos por el constructor a los sitios de entrega establecidos, a los lugares a lo largo de la línea donde deberán ser usados.

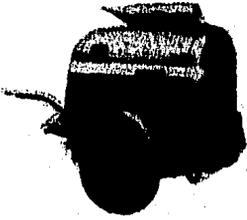
En ninguna circunstancia se permite que la tubería se descargue rodándola de los vehículos en que haya sido transportada al terreno, podemos emplear tractores pluma, gruas de 30 ton. etc.

Efectuando la maniobra con el cuidado necesario para evitar especialmente abolladuras en el cuerpo de tubos y golpes en los bices de los mismos. Cuando la tubería y los demás materiales no han sido transportados, los puntos de entrega se establecerán en el programa de distribución de materiales.

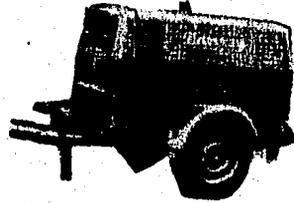
#### CONTROL Y RECIBO DE MATERIALES

Todo material que se entrega al constructor debe ser inspeccionado por éste, al ser recibido en presencia de una persona autorizada, tanto por lo que es en cantidad, como el estado en que se encuentra, llevándose un registro detallado de estas entregas, firmado por ambas partes.

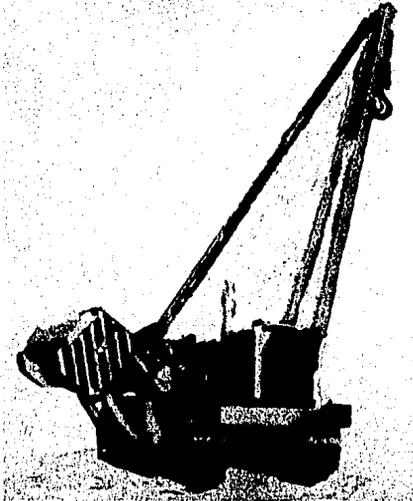
Es obligación del constructor controlar, cuidar y hacer buen uso de todos los materiales a su cargo, debiendo devolver al finalizar el trabajo, todos los materiales sobrantes en los almacenes y puntos designados.



Compresor  
Equipo Auxiliar en la  
Excavación de la zanja



Compresor  
Equipo Auxiliar en la  
Excavación de la zanja



Tiende-Tubos  
Equipo para el tendido  
de tubería.

En caso necesario de almacenar la tubería en algún punto, se forman estibas, apoyando los extremos y el centro de la tubería sobre durmientes de madera, de tal forma que la tubería no esté en contacto con el suelo.

Cada capa de tubo se asegura contra movimientos inesperados mediante el uso de cuñas en los extremos de los durmientes.

Los tambores de pintura primaria, se deben mantener siempre cerrados, almacenados en posición horizontal, para evitar la pérdida -- por evaporación del solvente, la entrada de agua de lluvia o la contaminación de la pintura con tierra o basura.

El esmalte se debe manejar evitando la ruptura prematura de los recipientes y la contaminación del esmalte con tierra o basura.

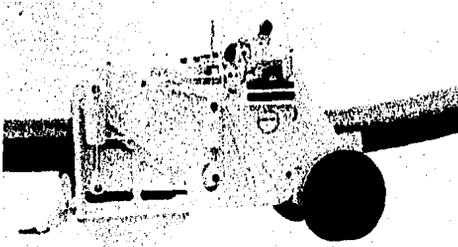
La tela de fibra de vidrio (vidrioflex), que en la mayoría de los casos se entrega en rollos guardados, en cajas de cartón resistentes, se deben manejar de tal forma que no se perjudique su contenido y almacenar en un lugar protegido de la interperie, ya que la humedad excesiva resulta nociva hasta el grado de llegar a inutilizar la tela de fibra de vidrio.

El filtro asbésico se maneja en forma semejante a la tela de fibra de vidrio.

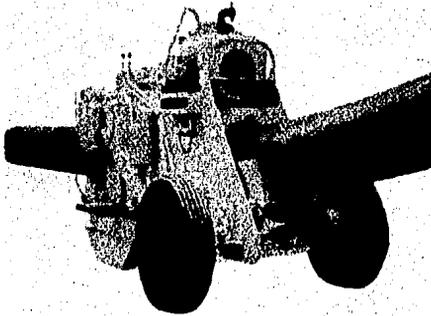
### DOBLADO DE CURVAS

Para esta operación se utiliza una máquina dobladora; esta máquina opera a base de unas zapatas que son movidas con unos gatos hidráulicos operados con la ayuda de un motor de gasolina.

Los dobleces que se hacen a la tubería se limitan a los que son estrictamente indispensables por los cambios bruscos o inevitables - del alineamiento o del perfil.



Máquina Dobladora de Tubería



Máquina Dobladora de Tubería.

En los lugares en que por cambios de pendiente del terreno o dirección en el trazo de la línea es necesario hacer curvas al tubo, éstas se efectúan utilizando los métodos usuales para formar curvas en frío, con excepción del método de "arrugas". La curvatura debe distribuirse a lo largo de la mayor extensión posible del tubo sin que quede incluida ninguna soldadura dentro del tramo curvado. No debe aceptarse que se formen pliegues en la parte interior de la curva, ni -- que el diámetro interior del tubo disminuya en más de 1/2".

La velocidad de doblado se debe regular a 60 cms. por minuto, según especificaciones de Petróleos Mexicanos y ésta se efectúa con el fin de no permitir la inducción de esfuerzos a la tubería por el trabajode deformación desarrollado por esta.

#### ALINEAMIENTO

Cada tubo se alinea con el tubo ya instalado al cual se va a -- soldar, por medio de un alineador-expansor, hidráulico interno, el -- cual tiene potencia suficiente para volver el extremo del tubo a su -- forma circular en caso de que esté ovalado.

En caso de que el diámetro del tubo que se está alineando sea -- distinto al diámetro del tubo con el cual se va a unir, se repartirán las diferencias en toda la circunferencia del tubo, procurando que por ningún motivo el escalón así formado sea mayor de 1/16".

La separación entre las partes planas (topes) de los bisceles -- en la unión de los dos tubos debe ser aproximadamente de 1/16", de -- tal forma que asegure una completa penetración de la soldadura sin -- quemaduras.

#### I.6.- SOLDADURA.

Con el alineador-expansor interior debidamente colocado y abier -- to y el tractor de pluma lateral manteniendo el tubo perfectamente a -- lineado a una altura mínima de 0.40 mts. (16") sobre el terreno, se a --

plica el primer cordón de soldadura. El trabajo de soldadura se efectúa en su totalidad por el procedimiento manual o automático de arco eléctrico protegido y se observan los siguientes requisitos.

#### EQUIPO DE SOLDAR.

Las máquinas de soldar deben ser del tipo de corriente directa y todos sus accesorios, tales como cables, porta-electrodos, etc. deben ser del tipo y tamaño adecuado para el trabajo, procurando que estén en buenas condiciones a fin de ser mantenidas dentro de ellas, en forma de asegurar soldaduras de buena calidad, continuidad de operación y seguridad para el personal, las máquinas de soldar son operadas dentro de los rangos de voltaje y amperaje recomendado para cada tipo y tamaño de electrodo y la clase de soldadura por efectuar.

Un tipo de cable para soldar es el calibre "00" para máquinas de 300 amperes, con procedimiento manual y de "0" para máquina de 350 amperes con procedimiento automático.

Todo cable debe ser de una pieza continua, no se permite más conexiones que las extremas y las necesarias entre el cable terminal y el cable de porta-electrodos, el cual no excede de 45 mts. y la de los de tierra de 15 m.

Cualquier equipo que no reúne los requisitos señalados se repara o se retira a juicio de la supervisión.

#### RECONOCIMIENTO A SOLDADORES.

Todo soldador que interviene en el trabajo es previamente examinado, ante un representante autorizado para que se le permita soldar la tubería o cualquier otro aditamento de ella, si resulta positivo en el examen.

El exámen a cada soldador se efectua como sigue :

Práctica una soldadura en una tubería del diámetro, espesor y especificación de la clase de tubo que se usara en la línea, empleando para esto la misma clase de electrodos y condiciones que se emplearán para este trabajo.

La soldadura se efectua como si fuera a efectuarse en el ducto (poliducto, gasoducto).

Antes de empezar el exámen el soldador dispone de un tiempo razonable para ajustar la máquina de soldar. El soldador al examinarse emplea la misma técnica de soldadura, el mismo procedimiento, la misma velocidad de arco.

Un número máximo de doce probetas, se cortan de la soldadura de prueba. Las probetas se cortan de la parte superior o adyacente, de los lados y de la parte inferior de la soldadura, con espaciamentos equidistantes y alrededor del tubo.

De las probetas así cortadas se utilizan dos para someterlas a la prueba de tensión, dos a la prueba de sanidad y dos a la prueba de doblado. Las probetas para determinar el esfuerzo de tensión deberán romperse en el metal de la tubería fuera del área afectada por la soldadura. Las probetas probadas al doblado deben estar exentas de grietas. Las probetas sometidas a las pruebas de sanidad, deben mostrar una completa fusión y penetración en todo el espesor de la probeta y no mostrar inclusiones de escoria, bolsas de gas, quemaduras o cualquier otro defecto, en tamaño y número mayores de lo permitido.

#### PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

Las probetas de tensión son de 1" de ancho aproximadamente y pueden cortarse con soplete. Las probetas deben dejarse enfriar en el medio ambiente antes de ensayarlas.

La prueba de tensión se efectúa con una máquina adecuada, equipada con manómetros para determinar la resistencia de las probetas. Las probetas para prueba de doblado, son 1" de ancho aproximadamente y pueden ser cortadas con soplete.

La mitad de las probetas son sometidas a prueba de doblado de cara y la mitad restante a prueba de doblado de raíz.

El doblado de cara se efectúa en forma que la cara de la soldadura quede del lado exterior de la curva de doblado.

El doblado de raíz se efectúa en forma que la raíz de la soldadura quede del lado exterior de la curva de doblado.

Las probetas se doblan aproximadamente hasta un ángulo de 180° para tubo de línea conforme a la norma A.P.I 5 L.X.

#### RESULTADOS DE PRUEBAS.

En la prueba de tensión si dos o más probetas se rompen en la unión de la soldadura y el metal base, antes de alcanzar el esfuerzo de rotura del metal base, el soldador es descalificado.

La prueba de sanidad debe mostrar completa penetración y fusión en todo el espesor de la probeta. Si existe falta de penetración en una probeta. Esta puede remplazarse por otra y puede ser cortada adyacente a la desechada.

La prueba de doblado es aceptable, si en el metal de la soldadura o en la unión de éste y el metal base, no se presentan grietas u otros defectos que excedan de 1/8" en cualquier dirección.

Si la probeta se fractura, la superficie expuesta debe llenar los mismos requisitos exigidos en la prueba de sanidad.

No se permite ejecutar ningún trabajo de soldadura en el ducto, a todo soldador que no pase las pruebas descritas anteriormente.

Los soldadores para tubería fabricadas en taller, deben pasar el exámen anterior y adicionalmente se someten a demostrar su habilidad para fabricar en tubos rectos, conexiones en "T" y otras estructuras típicas del trabajo en el que será empleado.

Solo se emplearan trabajadores expertos y calificados para soldar, en caso de que algún soldador haga un trabajo que no sea satisfactorio, tal soldador debe ser reemplazado inmediatamente al solicitarlo la supervisión.

A todo soldador se le asigna un número especificado, y es obligación del mismo estampar dicho número en el ducto, cerca de cada soldadura que ejecute para su futura identificación.

Puede emplearse el sistema radiográfico de inspección de soldaduras cuando sea conveniente, para completar el exámen de los soldadores y las pruebas físicas de la soldadura.

#### APLICACION DE LA SOLDADURA.

Teniendo el tubo alineado perfectamente a una altura de 0.40 mts. sobre el terreno (16"), se aplica el primer cordón de soldadura el cual debe terminarse totalmente antes de mover el tractor pluma o extraer al expansor.

En casos especiales y con autorización expresa de la supervisión se puede mover el tractor al tener un 50% de la longitud del primer cordón ya hecho. No se permite en ningún caso el procedimiento de soldadura rodando la tubería.

Antes de comenzar a soldar los biseles de la tubería, se limpian quitándoles todo el material extraño, como aceite, tierra, óxido, etc. que pueden interferir en la soldadura.

La lima bastarda es la herramienta que comunmente se emplea en la limpieza de los biseles.

Los electrodos del tipo cubierto se deben mantener almacenados de tal forma que se conserven en buen estado, evitando sobre todo -- absorción de humedad. Cada soldadura se efectua con el número de cordones y tamaño de electrodos que se fijan en las especificaciones.

Todo cordón de soldadura se efectua soldando hacia abajo, nunca se iniciaran dos cordones de soldadura en el mismo punto.

El primer cordón o fondeo se efectua totalmente con el tubo en posición estacionaria, después del primer cordón o fondeo, se coloca un segundo cordón (paso caliente) sobre el primero, inmediatamente -- después de este, se coloca el número especificado de cordones por los soldadores de acabado (rellenadores). Todo cordón sucesivo tiene un - espesor de 1/8" aproximadamente.

El metal de soldadura es totalmente fusionado con los depósitos anteriores y con el metal del tubo cualquier soldadura es cortada de la línea y ensayada para determinar su calidad. La soldadura terminada debe presentar un aspecto nítido y uniforme.

Las soldaduras para prueba de rutina son seleccionadas en sitio y tiempo para que no se interfiera la eficiencia y orden de las operaciones de construcción. Siempre se debe tener en cuenta, si las condiciones atmosféricas son convenientes para soldar.

El manejo de secciones de tubería esta permitido hasta que las soldaduras esten lo suficientemente frías.

### CALIDAD.

La calidad de las soldaduras debe ser juzgada por la supervisión tomando en cuenta el folleto publicado por el A.P.I. en mayo de 1966 (cuarta edición). La resistencia a la tensión de la soldadura, no debe ser menor que la resistencia a la tensión del tubo. Esta resistencia a la tensión se determina con una máquina portátil probadora de la tensión.

El procedimiento para soldar las juntas, consiste en integrar cuadrillas compuestas para cada turno por 2 soldadores colocando el primer cordón (fondeo) y 4 soldadores para terminarlas.

La ductibilidad de soldaduras hechas con un arco protegido muestra un promedio mayor en 100 a 200 %.

La resistencia contra la corrosión de soldadura al arco protegido es mayor que aún la del acero dúctil laminado y mucho más grande que la de las soldaduras hechas con un arco sin ninguna protección

### INSPECCION RADIOGRAFICA.

En los casos en que Petróleos Mexicanos, lo estime conveniente podrá usar el sistema radiográfico de inspección de soldaduras y la evidencia obtenida por este método podrá aplicarse para obligar al contratista a reponer sin pago adicional alguno, todas las soldaduras que aparezcan defectuosas y a sustituir a juicio de Petróleos Mexicanos, al personal que produzca dichas soldaduras.

Si la inspección visual o radiográfica indican defectos en la soldadura, el tubo será cortado por medio de una máquina biseladora, a una distancia de aproximadamente 0.75 m. a cada lado de la soldadura y la junta se hará de nuevo.

Una soldadura es defectuosa, cuando presenta alguna de las siguientes fallas, de acuerdo con la inspección radiográfica.

FALTA DE PENETRACION.

- 1).- Cuando ésta sea mayor de 1" de longitud.
- 2).- Cuando en una sección de 12" la suma de estas fallas exceda de 1".

QUEMADURAS.

- 1).- Si en cualquier sección de 12", la suma de las longitudes de las quemadas es mayor de 2".
- 2).- Si la quemada, reduce el espesor de la soldadura a menos del espesor de la placa del tubo.

SOCAVADO.

- 1).- Si el socavado es mayor de 1/32" de profundidad.

ROTURA.

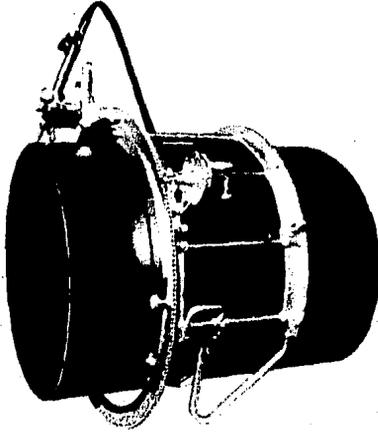
- 1).- Si contiene cualquier rotura.

GENERAL.

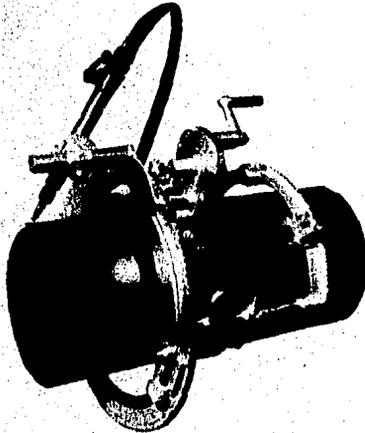
- 1).- Si en cualquier sección de 12", la suma de las longitudes de todos los defectos es mayor de 3".

REPARACION DE DEFECTOS.

Si la inspección radiográfica indica defecto en la soldadura, se corta el tubo mediante una máquina biseladora, a una distancia de 2.5 pies a cada lado de la soldadura y la junta se efectúa de nuevo.



Máquina Cortadora y  
biseladora de tubería.



Máquina Cortadora y  
biseladora de tubería.

Para unir la tubería en el lugar en que se corta una muestra, es necesario usar una abrazadora exterior. Para alinear el tubo se tiene especial cuidado en asegurarse que el alineamiento sea perfecto.

Las abrazadoras exteriores son diseñadas de tal manera, que permiten la colocación del cordón de fondeo en forma ininterrumpida en toda la circunferencia del tubo.

En caso de descubrirse una soldadura defectuosa de fábrica, en uno de los tubos ya soldados, se corta dicha junta y se rehace en la misma forma que si fuera soldadura de campo o bien se repara de acuerdo con las indicaciones de la supervisión.

### LIMPIEZA.

Antes de soldar la tubería cada pieza de tubo recta o curva, es sometida a una limpieza interior, la cual consiste en pasar longitudinalmente a través del tubo, un disco de lámina de acero de 1/4" de espesor y con un diámetro de 1/4" menor del tubo. Este disco tiene unido y adherido a la cara, desde la cual parte la barilla, con la que se jala un disco de hule de 3/32" de espesor.

Es responsabilidad del constructor que antes de unir los tramos de tubería, estos queden sin ningún material extraño en el interior de esta y perfectamente limpios.

Cada sección de tubería soldada (lingada) es sellada en sus extremos, por medio de tapas de lámina apropiadas para el caso.

### LONGITUD DE SECCIONES

Para evitar que la tubería se pueda dañar con las dilataciones y contracciones producidas por el cambio de temperatura, se limita la

longitud máxima de las secciones soldadas de tubería (lingadas), de acuerdo con el diámetro de las mismas, esta longitud es de 3 a 4 Kms. aproximadamente.

Cuando los trabajos de soldadura son suspendidos para reanudar los al día siguiente en una misma lingada, se cuida que todas las soldaduras queden debidamente terminadas.

En caso de no ser posible lograr lo anterior por cualquier circunstancia, se permitirá que quedase un tramo con las soldaduras pendientes de terminar, por un período que no sea mayor de 24 horas.

Se tiene especial cuidado en que las secciones queden perfectamente alineadas a fin de prevenir deformaciones, aunque para esto sea necesario reparar o reformar alguna curva o modificar el fondo de la zanja en el tramo.

#### PRUEBA DE AIRE.

Para verificar la limpieza interior del tubo se corre un "diablo" provisto de empaques de hule, con aire comprimido, dentro de la tubería soldada en secciones que no excedan de una longitud de 3 a 4 Kms. Estas secciones se cierran inmediatamente después de la salida del "diablo" y se prueban a una presión mínima de 100 litros por pulgada cuadrada. Dicha presión es mantenida durante todo el tiempo que dura la prueba. También se investigan posibles fugas en la soldadura con espuma de jabón detergente, después de la prueba la tubería se lava para eliminar el jabón completamente.

#### I.7.- LIMPIEZA Y PINTURA.

Para efectuar la limpieza de la tubería, esta tiene que estar perfectamente seca toda tubería se limpia con máquina rasquetadora, en lugares de la tubería donde la máquina no limpia bien, se utilizan cepillos y rasquetas de mano. Para obtener resultados satisfactorios,

las cuchillas de la máquina se mantienen siempre afiladas, sustituyéndose estas cuando se han gastado.

### PINTURA.

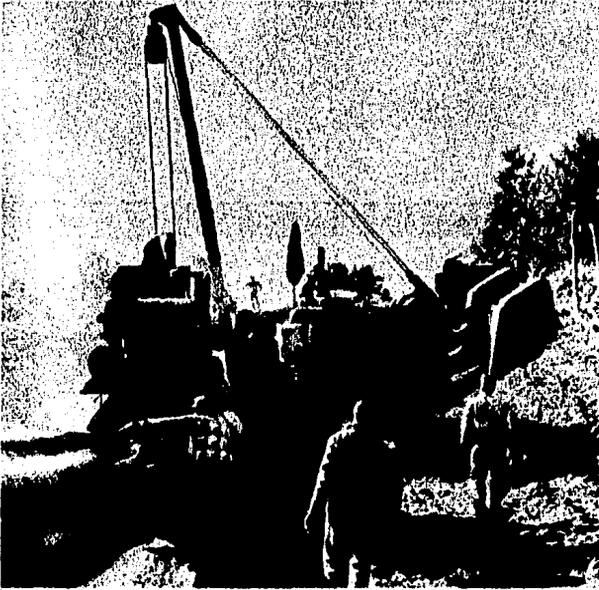
Esta operación se suspende cuando se encuentra lloviendo, cuando la atmósfera esta cargada de polvo. La pintura se aplica sobre la tubería limpia y seca, primero se aplica una mano de pintura base o de "impregnación", esta pintura se debe de extender uniformemente, sin dejar puntos sin cubrir ni partes con exceso de pintura.

Para lograr una fluidez adecuada en la pintura, se agrega una cantidad suficiente de adelgazador y para obtener una consistencia uniforme en la pintura, los tambores deben ser agitados antes de usarse.

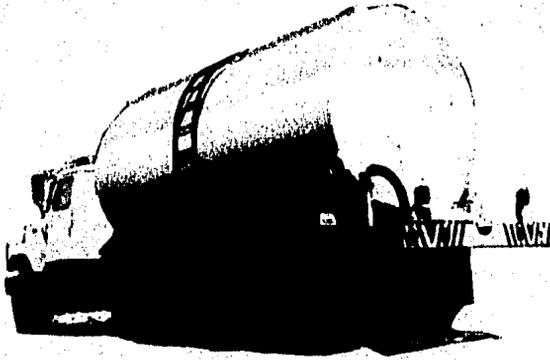
Todos los defectos de aplicación de la pintura, se corrigen a mano detrás de la máquina imprimadora.

La tubería ya pintada se deja colocada sobre durmientes de madera, limpios de polvo, lodo o cualquier material extraño que pudiera ensuciarla y a una altura suficiente.

Para evitar cualquier contacto con el piso y evitar la contaminación de la pintura con materias extrañas.



Máquina "Rasqueteadora"  
Limpiadora y Pintadora.



Rociadora  
Equipo para riego del derecho de vía..



Equipo Auxiliar de carga.

La pintura se deja secar hasta un punto que garantice una perfecta adherencia entre la tubería y el esmalte, el tiempo de secado depende de las condiciones atmosféricas prevaletientes.

En el caso de que a la tubería se le dé dos manos de pintura y no se esmalte a tiempo, esta se volvera a limpiar, rasquetear y pintar nuevamente a una sola mano.

El tránsito de vehículos por el derecho de vía durante el secado de la pintura, debe suprimirse o atenuarse, procurando que los vehículos que tengan necesidad de circular por donde se encuentra la tubería no levanten polvo.

En caso de que no se pueda suspender el tránsito por el derecho de vía, en el tramo que se está pintando o por cualquier otro motivo el polvo del derecho de vía entorpezca los trabajos de pintura dañando la calidad de ésta, se riega con agua el derecho de vía a lo largo de todo el tramo en que se estuvo trabajando, durante el tiempo que se juzgue conveniente.

#### I.8.- ESMALTADO Y ENVOLTURA.

El primero consiste en aplicar una capa de esmalte sobre la pintura anterior, éste se coloca a la temperatura adecuada con un espesor medido de  $3/23''$ , con tolerancia de  $1/32''$  sin considerar el refuerzo. Antes de la aplicación del esmaltado, la superficie del tubo es limpiada para que esta quede libre de polvo, tierra etc. que es lo que daña la adherencia entre el esmalte y el tubo.

Las calderas para fundir el esmalte deben ser del tipo y capacidad aprobada por la supervisión, ya que estas vienen provistas de agitadores mecánicos y termómetros en número suficiente, para que el esmalte mantenido a su temperatura correcta de aplicación, sea colocado en la tubería en forma de película continua.

En ningún caso se permite cargar las calderas con esmalte frío, mientras se este alimentando la máquina esmaltadora, las calderas antes de cargarse con esmalte deben estar libres de materias extrañas. La temperatura de aplicación del esmalte se obtiene como máximo después de dos horas de calentamiento, una vez obtenida la temperatura de aplicación, se mantiene el esmalte en las calderas el tiempo conveniente para no causarle daño, con máximo de duración de seis horas.

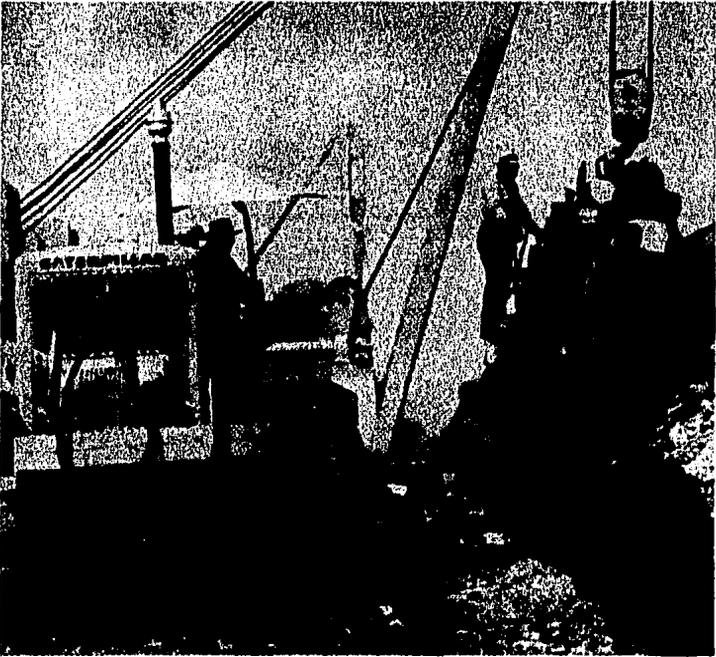
El esmalte debe agitarse continuamente, la temperatura en la que el esmalte obtiene la fluidez necesaria esta comprendida entre 390° y 460° F; depende de las condiciones del tiempo y se fija de acuerdo con la supervisión. Cuando a juicio de la supervisión el esmalte ha sido sobrecalentado o calentado más tiempo del debido, este debe vaciarse de las calderas y desecharse totalmente. Las calderas cuando se van a cargar, es necesario quebrar en pedazos el esmalte en cantidades no mayores de 12 Kgs. de peso, sobre tarimas, cubriendo mientras no es cargado en las calderas. La tubería esmaltada se deja sobre polines hasta que el esmalte se enfríe y endurezca. No se permite la aplicación del esmalte sobre la tubería húmeda, en tiempo lluvioso o con neblina.

En curvas y deflexiones donde no es posible ejecutar el esmalte a máquina, se efectua manualmente.

#### ENVOLTURA.

Simultáneamente con la aplicación del esmalte, la tubería se forra en forma espiral con material de tela de fibra de vidrio. Este forrado se efectua a máquina y el traslape mínimo es de 1/4" y el máximo de 1/2" en tal forma que este material quede embebido en el esmalte sin mostrar arrugas.

La misma máquina que efectua esta cubierta y simultáneamente con el enrollado de la tela de fibra de vidrio, se coloca una envoltura final de fieltro de asbesto, debiendo quedar este material con un traslape mínimo de 1/4" y el máximo de 1/2".



Máquina Esmaltadora y Envolvedora de la tubería.

### I.9.- FALLAS EN EL REVESTIMIENTO.

Al terminar el esmaltado de la tubería se verifica la continuidad del mismo, mediante un detector eléctrico de fallas del tipo aprobado por la supervisión.

El detector eléctrico consiste en un resorte, que se aplica en toda la circunferencia del tubo, perfectamente ajustado al aplicarle la corriente, cualquier discontinuidad o rotura en el recubrimiento, dará lugar a que fluya a través del mismo, hacia el tubo, causando una descarga de la corriente aplicada al resorte, la cual es oída por el portador del mismo.

Se dispondrá de un potencial de 2 400 Volts, para cada treinta y dosavo de pulgada de espesor. El detector estará en condiciones de trabajo al principiar el día y se correrá a distancia conveniente de la máquina esmaltadora, en donde el esmalte se encuentre ya frío. Todos los poros, grietas, burbujas o cualquier otra falla, serán detectadas y señaladas, a fin de que posteriormente, se retoquen con esmalte y se cubran con un pedazo de fieltro asbéstico. El primero para el caso de que la falla se encuentre en la mitad superior del tubo. Y el segundo cuando la falla se encuentre en la mitad inferior del tubo. Un tramo se considera continuo, libre de fallas, (grietas, burbujas, poros etc), cuando dos pasadas del detector den resultados negativos.

### I.10.-ABASTECIMIENTO DE MATERIALES.

Los materiales son entregados en las estaciones de ferrocarril, varia según el programa hecho en conjunto, entre la supervisión y el constructor. Es obligación del constructor: Estibar y proteger debidamente la tubería, la fibra de vidrio y el fieltro asbéstico ya sea en bodegas o lugares convenientes.

. . .



Detección de fallas en el Revestimiento  
de la tubería, empleando el Detector -  
Eléctrico.

De los puntos de almacenaje se deben abastecer por medio de comisiones, los frentes que necesitan material.

#### I.11.-BAJADO Y TAPADO DE TUBERIA.

Bajado de tubería.- Antes de bajar la tubería a la zanja se prepara antes, quitando los obstáculos, piedras o irregularidades que -- signifiquen puntos de concentración de cargas, que pueden dañar el revestimiento durante la maniobra de bajar la tubería. En los lugares excavados en roca o en material duro se prepara una capa de material suave, con objeto de dar un apoyo uniforme al tubo, pudiendo ser éste de tierra o arena y tendrá un espesor mínimo de 10 cms. El equipo que se emplea para bajar la tubería varía según el tamaño y etapa específica de que se trate, podemos emplear tiendetubos, tractores Tipo D-7 equipados con pluma lateral etc.

La tubería por regla general se baja a la zanja durante las primeras horas del día en que la temperatura ambiente sea la más baja, -- cuidando que la tubería quede en compresión y no en tensión al ser colocada en el fondo de la zanja.

Para garantizar la especificación relativa a que la tubería, debe quedar trabajando a compresión dentro de la zanja, se deja a cada 500 metros unas ondas llamadas "ondas de ajuste" o "Slack-loops".

En curvas verticales: En las cimas del terreno, se procura que la tubería, quede colocada cuando menos 30 cms. arriba del punto más alto del fondo de la zanja.

En curvas horizontales: El tubo se coloca lo más cerca posible de la pared de la zanja, situada en el lado exterior de la curva, pero sin tocar dicha pared en ningún punto.

TAPADO DE TUBERIA.- Para esta etapa podemos utilizar un tractor tipo D-8 equipado con angledozer, con el fin de recoger el material de un lado de la zanja, con una punta de la cuchilla y por el otro irlo depositando dentro de la zanja.

En lugares en que se cruza por terrenos rocosos, se procede a - colocar sobre la corona del tubo, una capa de 20 cms. de material sua ve, semejante al usado para la "cama".

El relleno de la zanja se efectua dentro de las 24 hrs. siguientes al bajado de la zanja, para prevenir la posible flotación del tubo, en caso de que se inundara con agua.

El detalle sobre la forma y tiempo en que se lleva a cabo la compresión de la zanja rellenadora, se fija en cada caso por la supervisión. Para proceder a bajar las "ondas de ajuste", es requisito indispensable que se encuentren estas atrapadas por ambos lados de la tubería.

#### I.12. -ACONDICIONAMIENTO FINAL DEL DERECHO DE VIA.

Al terminar la obra se recolecta todo el material utilizable, que venía quedando a lo largo del derecho de vía, transportándolo a los lugares que se indicaron, se efectua una limpieza general del derecho de vía, despejándola de toda clase de desperdicios que venían quedando en esta.

El restablecimiento de cercados se efectua a lo largo de toda línea, poniendo puertas finales que sirvan para el cruce de las cuadrillas de conservación. Terminando lo anterior se construyen en los lugares que se indicaron bordos de protección y drenaje superficial, a fin de evitar la erosión del terreno y estancamiento de agua sobre el derecho de vía.

De común acuerdo contratistas y supervisión llevaran a cabo los trabajos necesarios para entregar la obra a la parte contratante.

### I.13.-TRABAJOS ESPECIALES.

#### CRUCE DE LA TUBERIA EN RIOS.

En los casos que haya que cruzar corrientes de agua, arroyos, - etc. por lugares donde no se haya puentes o estructuras que sean utilizables para el caso, el cruzamiento se hará tendiendo la tubería - bajo el cauce de la corriente, en forma semejante al tendido normal - de la tubería enterrandola en el fondo a una profundidad que garantice que la tubería quede fuera de la posible erosión del fondo del cauce y en ningún caso podrá ser menor de 2.00 mts.

Se procurará siempre que la ligada del cruce sea recta, de manera que sus extremos queden bien empotrados en los bancos de los arroyos, o en los taludes de los canales o drenes, cuando se estime conveniente, se colocan contrapesos de concreto o de otro material que sirva de lastre para evitar el movimiento de la tubería con la corriente de agua.

A uno y otro lado del cruzamiento y a suficiente distancia para garantizar que el lugar, quede fuera de las aguas de máxima corriente, se instalarán válvulas de compuerta para aislar el cruzamiento en caso necesario.

#### COLOCACION DE LAS TUBERIAS EN ZONAS INUNDABLES O PANTANOSAS.

En los lugares donde existan zonas inundadas o pantanosas, deberá interrumpirse la colocación de tubos, si es necesario, y se dejarán sobre el derecho de vía, antes de la zona pantanosa. Allí se procederá a soldarlos y a protegerlos anticorrosivamente para después ser depositados en la zanja, por medio de tractores con pluma lateral y con eslingas de bandas de tela con un ancho de cuando menos de una vez el diámetro del tubo, para bajarlos a la zanja sin que le ocurran desperfectos o golpes al tubo.

Para tener la zanja en condiciones a la hora de bajar la tubería, los tramos de zanja que puedan ser inundables deberán tener cana

les de drenaje, asimismo las zanjas deben protegerse para que no se formen corrientes de agua de lluvia o de otro origen.

Al efectuar el relleno de la zanja se verificará que esta no contenga agua, pero si existe será bombeada hacia fuera antes de proceder al tapado y relleno de la tubería.

CRUCE DE LAS TUBERIAS EN CARRETERAS, CANALES DE RIEGO, VIAS DE FERROCARRIL ETC.

En el caso de que las tuberías vayan enterradas en áreas en que haya tránsito de vehículos y en los cruces con vías de comunicación en general, deberán proyectarse para soportar los esfuerzos adicionales originados por las cargas externas o bien ir estas dentro de un tubo protector llamado "camisa" que sea capaz de absorber dichos esfuerzos adicionales.

En el caso de que las tuberías tengan camisas, deberán diseñarse para soportar las cargas que se les impondra y deberá extremarse la precaución durante la instalación para evitar daños al recubrimiento, asegurar el drenaje antes del armado y comprobar que el tramo de tubería quede eléctricamente aislado de la camisa.

El ducto y la camisa, serán concéntricos y se conservarán en esta posición por medio de aisladores y centradores. El espacio anular entre la tubería de conducción y el tubo protector, irá sellando en los dos extremos del tubo, debiendo realizarse esta operación tan pronto se haya introducido la línea dentro de la camisa.

Cuando se instalen líneas de venteo a las camisas, los venteos deberán estar protegidos contra los efectos de la interperie y tendrán los arreglos para evitar que por ellos entre agua a las camisas.

. . .

## CAPITULO II.

EQUIPO QUE SE UTILIZA.II.1.-SELECCION DEL EQUIPO.

Esta selección se da a consecuencia de los programas de construcción y se efectúa con el fin de poder dar los rendimientos y costos programados. También se deben tener en cuenta los siguientes factores que en algunos casos llegan a modificar esta elección, como son: Topográficos, geológicos, geográficos, atmosféricos así como también las facilidades o dificultades de llegar a los centros de suministro. Otra razón importante que debe considerarse al elegir el equipo de construcción, es la que se refiere al aspecto económico, ya que dentro de sus estudios de costo inicial, rendimientos, amortizaciones, intereses, gastos de operación etc. se podrá llegar a una conclusión definitiva en cuanto al tipo de máquina que baje sus costos de operación.

Este control es muy importante, pues un porcentaje muy alto dentro del costo general de una obra, está representado por el equipo de construcción.

El número de máquinas esta en función del tamaño, cantidad y tiempo en que se desea la obra.

En el siguiente cuadro se muestra las etapas para la construcción de ductos, con sus respectivo equipo.

ETAPA	EQUIPO
MOVIMIENTO DE DESCARGA Y CARGA	GRUAS 30 TONS. TRAILERS 30 TONS.
APERTURA DE DERECHO DE VIA Y CAMINOS DE ACCESO	ANGLE DOZER D-7 MOTOCONFORMADORA
TENDIDO DE TUBERIA	TRACTORES PLUMA 572
ZANJA	RETROEXCAVADORA 1 1/2 Yd3. ANGLE DOZER CON RIPPER DRAGAS DE 1 1/2 Y DE 3.
DOBLADO DE TUBERIA	TRACTOR PLUMA 572 DOBLADORA MANDRIL JUEGO DE ZAPATAS.
ALINEADO Y SOLDADO DE TUBERIA	TRACTOR PLUMA 572 TRACTOR PLUMA 583 ALINEADOR INTERIOR NEUMATICO ALINEADOR EXTERIOR MAQUINA DE SOLDAR (SEMIAUTOMATICAS) DE 350 AMP.
REPARACION DE SOLDADURAS	TRACTOR PLUMA 583 EQUIPO DE CORTE Y BISEL MAQUINAS DE SOLDAR DE 300 AMP. ALINEADOR EXTERIOR.

ETAPA	EQUIPO
PROTECCION MECANICA	RASQUETEADORA ESMALTADORA TRACTORES PLUMA 594 TRACTORES PLUMA 583 CALDERAS 30 BARRILES. (ESMALTE 280) JUEGO DE CUNAS.
PARCHEO BAJADO Y TAPADO	DETECTORES ELECTRICOS CALDERAS 10 BARRILES BANDAS CARGADORAS TRACTORES MISMO EQUIPO (PROTECCION MECANICA) ANGLE DOZER D-7 ANGLE DOZER D-4 MOTOCONFORMADORA. COMPACTADOR.
LIMPIEZA FINAL	TRACTOR 572 TRAILERS 20 TONS.
PRUEBA DE PRESION	BOMBA PARA LLENADO 500 GAL/MIN. BOMBA PARA ALTA PRESION (PRESION DE PRUEBA #1600) MAQUINAS DE SOLDAR DE 300 AMP EQUIPOS DE CORTE. (JUEGO DE BISELADORAS).
MOVIMIENTOS DE EQUIPO	LOW BOY 50 TONS.

## CAPITULO III.

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES.III.1.-ESPECIFICACIONES DE TUBERIAS PARA DUCTOS.

Las normas y especificaciones para tuberías, prescriben una cantidad mínima de requisitos que deben ser cumplidos en los materiales y la ejecución de obra, y que deben ser verificados a base de inspecciones para la determinación de aceptaciones en ambos aspectos.

III.2.-DIAMETRO EXTERIOR DE LA TUBERIA.

Los tubos se fabrican desde 1/8 de pulgada de diámetro nominal, extremos planos, y 1/8 pulgada de diámetro nominal, a 20 pulgadas de diámetro nominal. El diámetro se selecciona dependiendo de las necesidades en el transporte de gas natural.

III.3- ESPEJOR DE PARED DE LA TUBERIA.

El espesor mínimo necesario de la pared de un tubo, sometido -- exclusivamente a presión interna. Se calculará por medio de la siguiente fórmula :

$$t = \frac{PD}{2S}$$

De donde :

- t = Espesor de pared mínimo de un tubo
- P = Presión de diseño (LB/pulg 2).
- D = Diámetro nominal.
- S = Esfuerzo de trabajo máximo permisible.

III.4.-PESO TEORICO DE LA TUBERIA.

El peso de cualquier tramo de tubo sin costura, en tamaños nominales de 12 pulgadas y menores, no deben variar más de 6.5 por ciento en más, y 3.5 por ciento en menos.

Para tamaños nominales superiores a 12 pulgadas, el peso de cualquier longitud de tubo no debe variar más de 10% en más y 5% en menos.

Para cálculo del peso de tubos por pie se debe determinar por la ecuación siguiente :

$$W = 10.68 (D-t)t$$

De donde :

W = Peso en Lb/pie

D = Diámetro exterior en pulgadas

t = Espesor de pared especificado, en pulgadas.

### III.5.-LONGITUD PROMEDIO DE LOS TRAMOS DE TUBERIA.

Todos los tamaños de tubos de 1/8 de pulgada a 8 pulgadas inclusive, de diámetro nominal son aceptables en longitudes mayores de 24 pies con variación permisible de 15 a 24 pies. Los tubos cortos son aceptables en número y largo solo por acuerdo entre comprador y fabricante.

Para diámetros mayores de 8 pulgadas la longitud promedio es de 26 pies. Pero puede variar entre 26 y 35 pies según acuerdo del fabricante y el comprador

### III.6.-TIPO DE TUBERIA.

Por lo general, para líneas de conducción de gas natural se usan sin costura longitudinal. Y tubos de placa con costura longitudinal, pero el más empleado es el tubo sin costura longitudinal.

### III.7.-ESPECIFICACIONES DE LA TUBERIA.

Los materiales usados en la construcción de los sistemas de transporte de crudo y productos del petróleo por tubería, deben ser productos fabricados bajo las especificaciones A.P.I., A.S.T.M. y M.S.S.

Su aceptación o rechazo en la obra se hará bajo las bases de calidad y pruebas que esta norma fija. Si algún material no reúne las correspondientes especificaciones, solamente Petróleos Mexicanos podrá aprobar su aplicación.

### III.8.-GRADOS DE LA TUBERIA.

Son especificaciones de la composición del acero para soportar las presiones, y así tenemos :

GRADO DE ACERO	ESFUERZO MINIMO DE CEDENCIA PSI	ESFUERZO MAXIMO DE TUBERIA. PSI
A	30,000	48000
B	35,000	60000
X <sub>42</sub>	42,000	60000
X <sub>46</sub>	46,000	63000
X <sub>52</sub>	52,000	66000
X <sub>56</sub>	56,000	71000
X <sub>60</sub>	60,000	75000
X <sub>65</sub>	65,000	77000

### III.9.-TENDIDO DE LA TUBERIA.

El tendido ya pasa a ser cuestión constructiva, aunque también se cuentan con especificaciones y normas para la colocación de la tubería.

Entre otros requisitos los que se emplean son los que a continuación menciono.

### III.10.-NUMERO DE TUBOS QUE PODRAN SER ESTIBADOS UNO SOBRE OTRO.

El número de tubos que se pueden estibar, va en función del diámetro.

Podemos verlo en la siguiente tabla :

...

Diámetro en pulgadas	No. de Tubos
6 a 10	10
12 a 16	8
18 a 22	6
24 a 30	4
32 a 48	2

### III.11.-ANCHCO NORMAL DEL DERECHO DE VIA.

El ancho del derecho de vía depende, del diámetro del tubo y de bido a las condiciones del tendido, de donde tenemos :

Diámetro en pulgadas	Derecha Mts.	Izquierda Mts.	Total Mts.
6 a 8	7.00	3.00	10.00
10 a 18	9.00	3.00	12.00
20 a 36	10.00	5.00	15.00

### III.12.-PRODUNDIDAD MINIMA DE ZANJA.

La profundidad y ancho mínimo de la zanja va en función del diámetro del tubo. En la siguiente hoja se anexa la tabla de profundidades y anchos mínimos de zanja.

Diámetro en Pulgadas	Profundidad Mínima Mts.	Ancho Mínimo Mts.
8	1.12	0.55
10	1.15	0.55
12	1.20	0.60
14	1.30	0.75
16	1.30	0.75
18	1.40	0.75
20	1.50	1.00
22	1.50	1.00
24	1.50	1.00
30	1.70	1.20

### III.13.-PROTECCION INTERIOR Y EXTERIOR DE LA TUBERIA.

Todas las tuberías principales de conducción y las troncales deberán protegerse contra deslaves, inundaciones, suelos inestables, deslizamientos de taludes y de cualquier otro riesgo que pueda desplazarla o someterla a cargas anormales.

### III.14.-ESPESOR MINIMO DE LA CAPA DE TIERRA PARA TUBERIA ENTERRADA.

Toda tubería enterrada, deberá instalarse con un colchón entre la parte superior de la tubería y el nivel del terreno, con el espesor indicado en la siguiente tabla.

Localización	Espesor de la cubierta en cm.	
	Suelo Normal	Roca Firme
Area sin Construcción.	100	45
Area con Construcción	100	60
Canal de drenaje en caminos y ferrocarriles.	120	60
Vías Fluviales con ancho hasta de 30 m. entre las marcas más altas.	120	45

### III.15.-SOLDADURA PARA TRAMOS DE TUBERIA.

Tal como lo especifican los códigos A.N.S.I., los procedimientos de soldadura, así como los soldadores que ejecuten estas labores en el campo; deberán ser calificados de acuerdo con la última edición del código A.S.M.E. o por el estandard A.P.I 1104.

Los lineamientos generales de la técnica anterior se contemplan en la norma de Construcción de Petróleos Mexicanos, 3.374.01 "Sistemas de Transporte de Petróleo por tubería".

Los tipos de soldadura son regularmente tres, que son los siguientes :

CORDON	DIAMETRO DEL ELECTRODO	TIPO DE ELECTRODO
No.1 "FONDEO"	(5/32)"3.96mm	AWS-E-6010 FLEET WELD 5p oSIMILAR AWS-E-7010
No.2 "PASO CALIENTE"	(5/32)"3.96mm	SHIELD ARC 85 o SIMILAR AWS-E-7010
No.3 "RELLENO"	(3/16)"4.76mm	SHIELD ARC 85 o SIMILAR

### III.16.-PROTECCION ANTICORROSIVA.

La protección anticorrosiva es con el fin de proteger al tubo de los agentes que la dañan y provocan la corrosión en la tubería.

Para evitar la corrosión existen varios materiales que la protegen, y los que se aplican al tubo para prevenir la corrosión son :

- a) Pintura primaria.
- b) Esmalte.
- c) Envoltura de fibra de vidrio.
- d) Envoltura exterior de fibra de vidrio impregnada de productos asfálticos.

Las cantidades de materiales vienen en la siguiente presentación :

Pintura primaria en tanques de 208 Lts.

Esmalte en tanques de 300 Kgs.

Fibra de vidrio en rollos de 244 Mts.

Fibra de vidrio empregnada en rollos de 61 Mts.

### III.17.-PRUEBAS A LAS QUE SE SOMETE LA TUBERIA.

Las pruebas que se harán son :

#### A. Prueba neumática.

Limpieza interior de la línea corriendo "diablos" con aire comprimido, sacando el "diablo" en cada tramo, soplando el tubo y probando después las soldaduras tanto de campo como las de fábrica, con espuma de jabón. Esta prueba se hará en tramos no mayores de 3 kms. a una presión de 100 libras por pulgada cuadrada.

#### B. Prueba hidrostática.

Prueba final de presión hidrostática con agua, o neumática con aire o gas, a presión de 1462 libras por pulgada cuadrada en el punto más bajo, limitando la prueba a tramos no mayores de 3 kms. y siempre que la presión en el punto más alto del tramo probado no sea mayor de 1316 libras por pulgada cuadrada. El período mínimo de tiempo durante el cual deberá mantenerse la presión indicada en cada tramo, será de 24 horas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- Uno de los puntos más importantes que el constructor tiene necesidad de conocer, es aquél en que se tiene que familiarizar con la región por donde pasa el Ducto, la naturaleza del terreno, localización de arroyos, vías de comunicación existentes en la región y todos los factores que se consideren necesarios para determinar la naturaleza de los trabajos, que se tienen que llevar a cabo.
- 2.- Cualquier tronco que quede en la línea del trazo o a menos de un metro de dicha línea, en cualquier dirección, deberá ser extraído completamente.
- 3.- Los productos de la conformación no deberán acumularse sobre cercas de la propiedad pública o privada, únicamente en casos extremos.
- 4.- En ningún caso se permitirá excavar la zanja si el derecho de vía no está abierto y conformado a satisfacción de la supervisión.
- 5.- Una buena alternativa, para evitar operaciones de doblado de la tubería en curvas verticales, es profundizar más la zanja, esto se hace para no obligar a la tubería a seguir irregularidades pronunciadas de la superficie del terreno.
- 6.- En caso de que se haga necesario usar dinamita, se deben tomar todas las precauciones posibles para evitar accidentes y perjuicios a campos cultivados, líneas telefónicas, líneas de transmisión, etc. cercanos al lugar donde se están llevando a cabo dichos trabajos.
- 7.- La descarga debe hacerse empleando un tractor de pluma o un tien-detubos, haciendo la maniobra con el cuidado necesario para evitar especialmente abolladuras en el cuerpo de tubos y golpes en los biseles de los mismos.

...

- 8.- Es obligación del constructor controlar, cuidar y hacer buen uso de todos los materiales a su cargo, debiendo devolver al finalizar el trabajo, todos los materiales sobrantes en los almacenes y puntos designados.
- 9.- La pintura y el solvente se deben manejar tomando todas las precauciones posibles para el manejo de líquidos inflamables.
- 10.- Sólo se permitirá soldar la tubería ó cualquier otro aditamento de ella, a todo soldador que haya sido examinado previamente y haya resultado aprobado.
- 11.- Es obligación que el primer cordón a fondeo lo efectuen simultáneamente dos soldadores operando en cuadrantes opuestos y siempre soldando hacia abajo.
- 12.- En ningún momento se permitirá el contacto de la tubería con el piso o fondo de la zanja, cuando el esmalte aun se encuentre caliente y blando.
- 13.- Nunca se autorizará la aplicación del esmalte sobre la tubería húmeda, en tiempo lluvioso o con neblina.
- 14.- El detector siempre se correrá a distancia conveniente de la máquina esmaltadora, en donde el esmalte se encuentre ya frío.
- 15.- Cualquier parte de recubrimiento que no se encuentre adherida a la tubería debe ser removida, limpiándose en la tubería hasta dejar el metal limpio, reimprimándose y reesmaltándose.
- 16.- En ningún caso se permitirá arrastrar o jalar la tubería esmaltada, siempre se manejará levantándola.
- 17.- Se efectuará una prueba eléctrica del recubrimiento antes de bajar la tubería, debiendo parcharse todos aquellos lugares o puntos en los cuales el detector indique fallas.

- 18.- Por regla general la tubería se baja a la zanja, durante las horas del día en que la temperatura ambiente sea la más baja, cu dando que la tubería quede en compresión y no en tensión al ser colocada en el fondo de la zanja.
- 19.- El relleno de la zanja se efectúa dentro de las 24 horas siguientes al bajado de la tubería, para prevenir la posible flotación del tubo en caso que se inundara la zanja y también daños en el forro del revestimiento causados por movimientos y cambios de -- temperatura.
- 20.- Una razón importante que debe considerarse al elegir el equipo de construcción, es la que se refiere al aspecto económico, ya que dentro de sus estudios de costo inicial, rendimientos, amortizaciones, intereses, gastos de operación, reparaciones etc. Se podrá llegar a una conclusión definitiva en cuanto al tipo de máquina que baje sus costos de operación.

