

DESCARTE

- "Método General de Construcción en el Oleoducto Angostura Veracruz".

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a :

RAFAEL ABURTO VALDES





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 esta 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.

A mi Padre, cuya obra ha contribuido
al engrandecimiento de la Nación
con magnas realizaciones de la Ingeniería Mexicana.
Por su fecunda y constante guía.
Por su firme ejemplo de carácter.

A la Constructora El Aguila en la persona de su Presidente
el señor Ing. José Bertrán Cusiné,
a sus Directivos e Ingenieros.

A los señores Ing. J. Vicente Orozco, Ing. Mariano
Silva Sánchez, Ing. Antonio Sanz Polo, valiosos
elementos en la transformación de México
y consejeros eficaces en la estructuración de esta Tesis.

A mis Maestros con gratitud y admiración .

A mis compañeros y amigos

A mi madre con mi profunda veneración.

A Patu con cariño.

A mis hermanos.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIERÍA
Dirección
Núm. 73-403 T
Exp. Núm. 73/214.2/

Al Pasante señor Rafael ABURTO VALDES
P r e s e n t e ,

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero José Vicente Orozco, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

METODO GENERAL DE CONSTRUCCION EN EL OLEODUCTO ANGOSTURA-
VERACRUZ"

"Tomando como referencia el oleoducto que se construyó para Petroleos Mexicanos desde el campo de Angostura hasta el Puerto de Veracruz, deberá el interesado exponer el procedimiento general de construcción que se empleó justificando esa elección, y de una manera más detallada deberá exponer la organización general de la obra y cada fase de la misma, mencionando su proceso, el equipo de construcción utilizado y los materiales especiales de cada caso.

Deberá asimismo hacer mención del montaje de obras especiales tales como cruces de la línea por puntos de difícil acceso, y el procedimiento que se empleó para efectuar las pruebas parciales y finales de la tubería."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
México, D.F. 21 de marzo de 1957
EL DIRECTOR

Ing. Javier Barros Sierra

JRS:RPV:ag.

I N D I C E

	Página
CAPITULO I. - Antecedentes	
a). - Reseña Histórica del Transporte del - Petróleo	1
b). - El Problema Particular de México....	2
c). - Características del Oleoducto.....	3
d). - Características Generales del Te--- rreno por el que Cruzó.....	7
e). - Plazo de ejecución	8
CAPITULO II. - Exposición del Procedimiento General de - Construcción y su Justificación.....	9
CAPITULO III. -	
Primera Parte. Programa de Construcción	22
Segunda Parte. Elección del Equipo	30
Tercera Parte. Cuadro de Personal Ope-- ración	49
Cuarta Parte. Planeamiento de la Opera-- ción	52
Quinta Parte. Cuadro de Organización	64
CAPITULO IV. - Informe Técnico de los Métodos de Cons--- trucción y Equipo utilizados en el Oleoducto Angostura-Veracruz, así como los que se - utilizan en las Prácticas Modernas de Cons- trucción.	
Brecha y Caminos de Acceso	70
Distribución, Bajado, Acarreo y Tirado de la Tubería	77
Doblado de Curvas	81
Zanja y Terracerías	83
Soldadura	134
Protección	146
Bajado y Tapado de la Tubería	164
Pruebas Parciales	169
Trabajos Especiales	174
Prueba Final	184

NOTA PRELIMINAR

El transporte de los productos petroleros utilizando oleoductos, -- ocupa el segundo lugar en cuanto al aspecto económico, correspondiendo -- el primero al transporte marítimo que no es utilizable sino en determina-- dos tipos de conducción.

En cuanto a la conveniencia económica de los oleoductos, basta -- citar como ejemplo concreto, el que fué construído por Petróleos Mexi-- canos entre Tampico y Monterrey, el cual tuvo un costo aproximado de -- ciento quince millones de pesos, cuya recuperación total está calculada -- para operarse en poco más de un año. Este alto índice de amortización -- deja evidenciada la diferencia que existe en los fletes con distinto medio de transportación. El flete por carretera entre ambas ciudades es de -- doce pesos el barril; por ferrocarril de seis pesos y por oleoducto de --- cincuenta centavos. En vista de que la capacidad de esta línea es de ---- treinta mil barriles diarios, al año es posible mover once millones de -- barriles; y si se le considera una ventaja de cinco pesos cincuenta centa-- vos, respecto a la transportación por ferrocarril, puede observarse que al año se habrá logrado un total de sesenta millones quinientos mil pesos ahorrados con la construcción de una línea de esta naturaleza. Desde --- luego estamos eliminando la consideración de otros factores que intervie-- nen en un análisis económico integral, porque no pretendemos abarcarlos en el presente estudio.

Hemos incluido estas cifras con el solo propósito de demostrar la enorme trascendencia que tiene la realización de una red general de oleoductos y gasoductos en la República Mexicana, para resolver el grave --- problema del transporte de combustible a los centros industriales, que en la actualidad se hacen generalmente por ferrocarril o carretera.

Como decíamos en un principio, el medio más económico sigue -- siendo el transporte marítimo y es muy probable que en un futuro muy --- cercano habrán de establecerse refinerías en el noroeste del país para ser abastecidas de petróleo crudo, desde la costa del Golfo de México, por el oleoducto de Minatitlán-Salina Cruz y de ahí por barco a las propias refinerías; pero aún en ese caso futuro, la distribución a los centrales industriales de la República, hará necesaria una red general de oleoductos y -- gasoductos.

Para México, el problema de movilización de sus materias básicas, es tan importante como el problema mismo de su producción; y tal circunstancia ha servido de norma para la política seguida por el Estado en la ---- administración de su riqueza aceítica. De ello pueden dar cuenta y ra--- zón los párrafos del informe rendido por el Director General de Petróleos Mexicanos, que nos permitimos transcribir en su parte esencial.

"....Continuando la política de ampliar los sistemas de transporte por tubería con objeto de hacer más rápida y eficiente la distribución y, -- a la vez, depender lo menos posible de sistemas de transporte ajenos a ---

Petróleos Mexicanos....."

"..... La obra más trascendente de mucho tiempo atrás, dentro del programa de mejoramiento de la distribución, para resolver las dificultades creadas por los obstáculos geográficos y por la escasez de --- transportes, fué terminada durante el año. Se trata del oleoducto para el transporte de productos de Tampico a Monterrey....."

"..... El problema más serio a que se ha enfrentado Petróleos Mexicanos, ha sido el de las importaciones de productos refinados, es -- decir, gasolina, kerosene y aceite diesel. Las enormes distancias de -- nuestro territorio, la falta todavía de suficientes transportes, pero sobre todo la carencia de instalaciones completas en nuestras refinerías, nos -- han obligado a importar productos para hacer frente a los mercados del Norte y del Occidente....."

"..... Este es un problema grave por dos grandes inconvenientes: primero, significa para el país una salida de divisas que ascendió a más de setenta millones de dólares en 1956 y, segundo, porque al venderse -- productos a precios inferiores al de su costo, se priva a la industria petrolera de recursos que son necesarios para llevar a cabo sus grandes --- inversiones....."

"..... Para nosotros, la supremacía del petróleo que constituye el 85% de la energía que consume el país, es absoluta....."

"..... Ahora bien, la incorporación cada vez más íntima de la ---

industria petrolera a nuestra vida económica, es un proceso irreversible. En el futuro, el papel del petróleo como motor de la actividad económica y, por lo mismo, nuestra dependencia de él, habrán de reforzarse...."

".... Este es el momento de dar el impulso decisivo a nuestra -- industria petrolera con el objeto, no solo de asegurar definitivamente, -- sino aún de acelerar el movimiento de nuestra economía hacia la victoria final en la lucha contra males que desde siglos nos aquejan. Este es el -- alto significado y la función privilegiada que la industria petrolera puede y debe asumir en el conjunto de nuestra vida nacional...."

La cita que antecede y las observaciones de esta nota preliminar, evidencian que la necesidad de un transporte evolucionado para la pro-- ducción petrolera mexicana, no está a debate y el texto general de este -- estudio solo pretende demostrar que tal problema no es ajeno a la Inge-- niería Civil moderna y que, además de los técnicos específicos de esa --- industria, quienes debemos construir para aliviar el problema conjunto de la economía nacional, tenemos un campo de acción lleno de perspectivas.

No atañe a la materia propia de esta Tesis, precisar qué institu-- ciones pueden llevar a término la obra nacional que aquí específicamente se analiza, pero no está por demás señalar que solo hay dos caminos a --- seguir: uno que supone la actitud técnica del Estado para realizarla bajo su directo control y otra, que consiste en el financiamiento y la ejecución de cichas obras, aprovechando la experiencia de las empresas que tienen ---

largo historial en la obra pública de México. Sea uno u otro, lo cierto es que su realización ha pasado a la categoría de una necesidad nacional, que requiere solución para asegurar el progreso y brillante futuro de la industria petrolera del país.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

a). - Reseña Histórica del Transporte del Petróleo.

Nació en 1859, en Titusville Pennsylvania, un pozo de petróleo - de 20 mts. de profundidad y con una producción de 20 barriles diarios; comenzando con este descubrimiento la industria petrolera mundial.

Dió la casualidad de encontrarse este pozo cerca de un afluente del río Allegheny, y fué por el camino fluvial, como se empezó a hacer el transporte del petróleo crudo hasta Pittsburgh, a unas 75 millas, para lo cual se envasaba el petróleo en barriles de madera, los que se transportaban a lo largo del río en unas barcazas tiradas por caballos, así como en carretas.

Pero la industria creció y hubo necesidad de perforar nuevos pozos que cada vez distaban mas, tanto unos de otros, como de los centros de población, es entonces cuando hace su aparición el ferrocarril - como auxiliar para su transporte y empieza a desarrollarse una nueva industria, basada en el movimiento económico de grandes volúmenes de líquidos.

Los primeros carros tanque, consistieron en unos grandes barriles de madera montados sobre plataformas de ferrocarril. No por esto desaparecieron las carretas de caballos, ya que servían para el transporte del petróleo desde los pozos hasta los embarcaderos.

Poco a poco empezaron a hacer su aparición los oleoductos, en sustitución de otros tipos de transportes. El primero que se construyó, alrededor de 1865, tenía 8 Kms. de largo y un diámetro de 2" y hecho -- con tubería de acero, con 2 estaciones de bombeo. Fué concebido por -- Samuel Van Syckel y se llegaron a mover 800 barriles diarios.

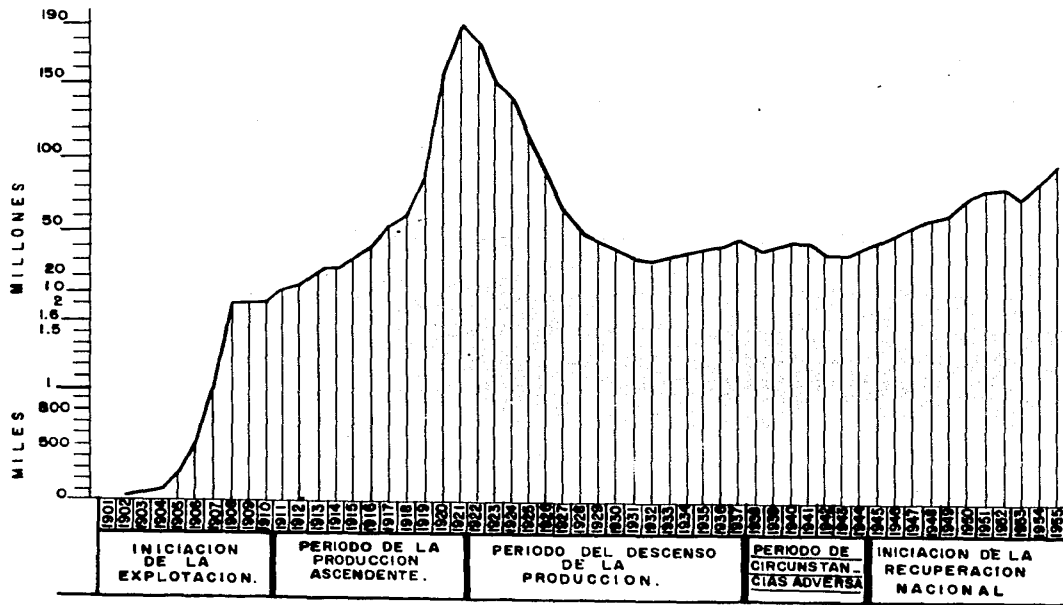
Pero no fué sino hasta 1914, en que empezaron a construirse con maquinaria rudimentaria, la que al través de los años se transformaría en los modernos equipos de construcción. Más o menos por ese tiempo empezó a usarse la soldadura y en 10 años no se hacía ningún oleoducto que no fuera soldado.

En la actualidad el transporte del petróleo es un factor de indis-- pensable consideración en cualquier aspecto de orden económico y así -- observamos que por cualquier ruta y en todo tipo de transportes, se ha -- transportado y probablemente se seguirán transportando productos petro-- leros por algún tiempo todavía.

b).- El Problema Particular de México.

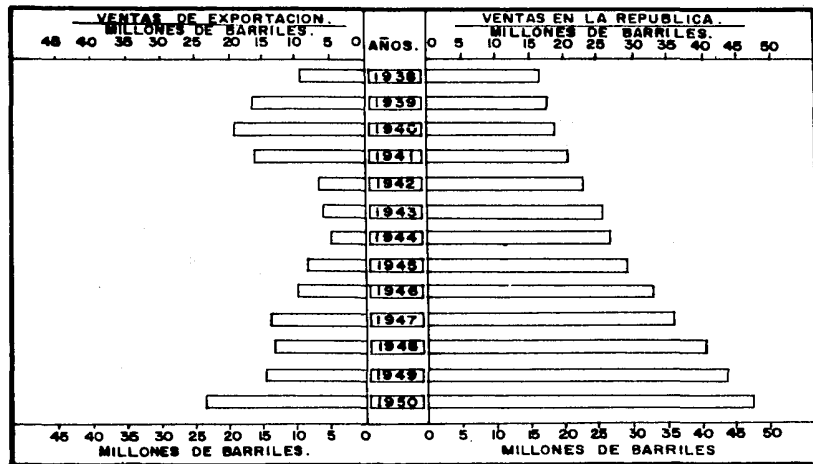
México es un país en el que se conjuga su gran riqueza petrolera con su acelerado crecimiento industrial, siendo menester compaginar -- ambos factores para un mejor equilibrio económico.

Para poder juzgar con mayor amplitud este problema, vamos a -- recurrir a una serie de datos gráficos. (Láminas Nos. 1, 2, 3, 4 y 5)

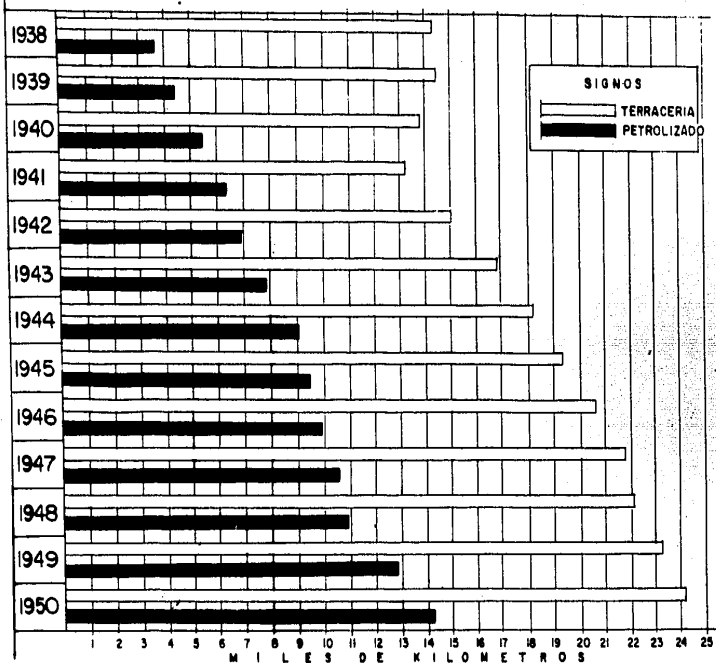


PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO EN LA REPUBLICA MEXICANA.

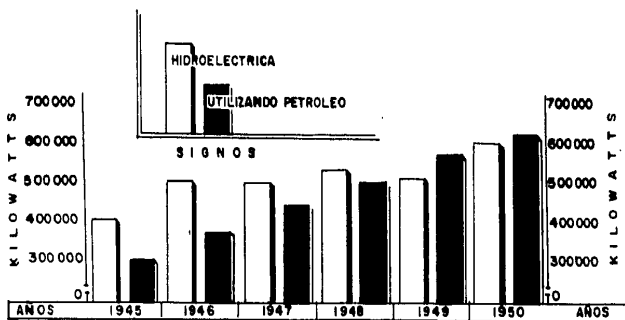
LAMINA No. 1.



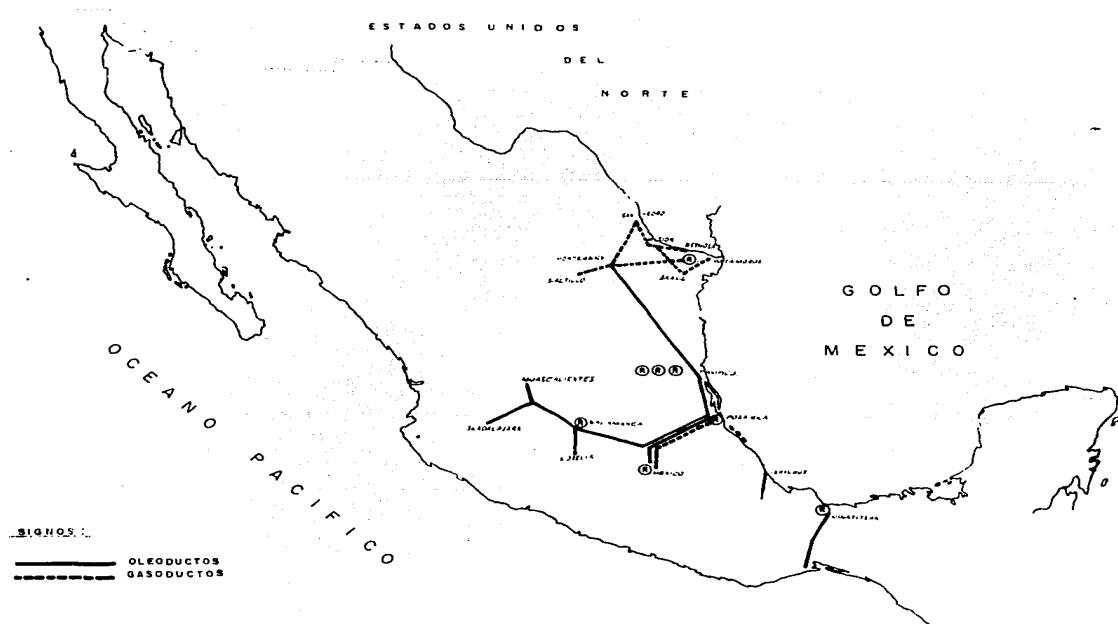
VOLUMEN DE VENTAS DE PRODUCTOS DEL PETROLEO.



CAMINOS CARRETEROS EN LA REPUBLICA MEXICANA DE TERRACERIA Y PETROLIZADOS.



GENERACION POR POTENCIA HIDRAULICA Y POR PETROLEO EN CUALQUIER FORMA, EN LA REPUBLICA MEXICANA.



OLEODUCTOS , GASODUCTOS Y REFINERIAS EN LA REPUBLICA MEXICANA .

LAMINA N. 5.

Observando las gráficas de producción y consumo, podemos ver el incremento cada día mayor de la industria petrolera nacional, pero nos damos cuenta también, del enorme problema que significa el movimiento de sus productos a todo el país. Siendo el transporte por oleoductos, el modo más económico de resolver este asunto, no se puede detener el avance en la construcción de ellos, hasta lograr una red que abarque todo el país, de esta manera, la industria cada vez creciente, no sufrirá un detenimiento por falta de una materia prima tan indispensable como sus combustibles.

c). - Características del Oleoducto.

El oleoducto de que tratamos en esta tesis, corre desde el campo petrolero de Angostura hasta el Puerto de Veracruz, atravesando los Municipios de Tierra Blanca, Tlalixcoyan, Medellín y Veracruz. Tiene una longitud aproximada de 76 kilómetros. La tubería que entregó Petróleos Mexicanos fué de acero, con especificaciones del Instituto Americano del Petróleo (API) correspondientes al grado X-42, soldada longitudinalmente con extremos biselados para soldar, con un diámetro exterior de 508 mm. (20") y un espesor de pared de 9.53 mm. (3/8"). El peso de ella, era de 117.50 Kg/m (78.60 lbs/pie) y venía en tramos de longitud promedio de 11.58 m. (38').

Esta línea se proyectó para mover 20,000 barriles diarios de cru-

dos, o sean alrededor de 3,180 metros cúbicos, con una densidad de ---
0.971.- A lo largo de la línea se instalaron plantas de bombeo y de ---
recalentamiento del producto, habiendo quedado como sigue: En el pro-
pio campo de Angostura, ya existía planta de recalentamiento y planta de
bombeo, y se construyeron nuevas: en la población de Los Robles una --
planta de bombeo y una planta de recalentamiento y en la población de ---
Piedras Negras solamente una planta de recalentamiento.- (Plano 0)

Antes de hacer mención de las características de estas plantas, -
hay que anotar que paralelo al oleoducto de 20", se construyó un gasoduc-
to de 4" para alimentar tanto las plantas de recalentamiento como las de
bombeo. Se instaló además una planta de compresores para mover el -
gas dentro de esa tubería. Un esquema de esta instalación general puede
observarse en la figura número 1.

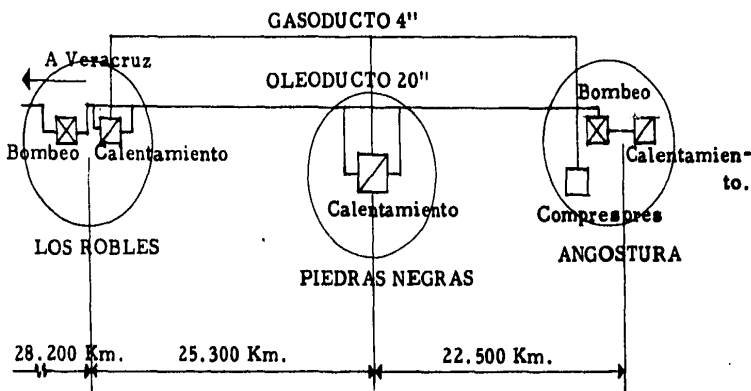


FIGURA NO. 1

En las plantas de bombeo, se instalaron 3 bombas en cada una, -- marca Warren Quimby de 4" a la descarga y 6" a la succión, dando cada una 1105 lts/min (292 gal/min) o sean 10,000 barriles al día. Requieren para su trabajo, 205 HP al freno a 850 rpm. Cada bomba está movida por un motor Fairbanks Morse 38F5-1/4 de encendido con gas, de 4 cilindros de pistones opuestos de 5-1/4" de diámetro por 7-1/4" de carrera. Estos motores pueden trabajar indistintamente con gas o con aceite diesel y son capaces de desarrollar 225 HP a 850 rpm. En estas instalaciones trabajan siempre dos bombas, quedando una de ellas como auxiliar de reserva. El equipo auxiliar para cada estación de bombeo, consiste en una planta de luz eléctrica, de 10 KW en Angostura y 5 KW en Los Robles, y además un equipo de arranque de los motores, consistente en dos compresores ---- Curtis tipo ADA, de 0.340 M³/min. (12 pies³/min.) a 17.6 Kg/cm² ----- (250 lbs/Pulg²), movidos por un motor Fairbanks Morse de 3 HP tipo Z.

En las plantas de recalentamiento, se pasa la tubería desarrollada como serpentín dentro de una carcaza, la que en su interior tiene instalados unos quemadores de gas; al pasar el producto y ser sometido a un calentamiento, adquiere mayor fluidez y puede ser bombeado con mayor --- facilidad.

Sobre la tubería principal hay una válvula de derivación, de manera que en cierto momento en que el producto por su viscosidad no necesite del recalentado para su bombeo, pueda pasar de largo por la tubería y en

caso necesario , con cerrar esta válvula y abrir la que se encuentra sobre la derivación , el crudo pasa al recalentador encendiéndose el número de quemadores necesarios. (Ver Fig. 2)

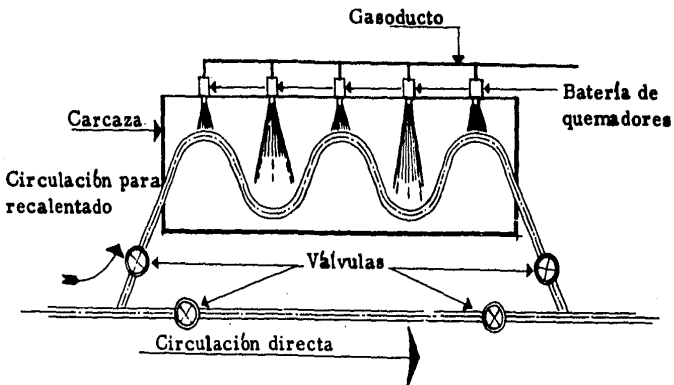


FIGURA NO. 2

Para poder determinar el momento preciso en que el producto necesite del recalentado, existe un equipo de instrumentos de medición dentro de las plantas, el que permite un control adecuado de la circulación y fluidez del mismo, quedando un registro en los aparatos de medición ya que estos dejan impresas las variaciones de las características del movimiento durante períodos determinados de tiempo.

Ya en el puerto de Veracruz, el oleoducto llegó hasta los tanques de almacenamiento que Petróleos Mexicanos tiene ahí establecidos, dejándose dispuesta la línea para establecerse la conexión a ellos.

El importe de toda la obra, incluyendo el ramal que se construyó --

para la planta termoeléctrica de Dos Bocas, Ver., para la Comisión ---
Federal de Electricidad, ascendió en números redondos a la cantidad de
\$ 30'000,000.00 quedando incluido en esta cifra el importe de la tubería.

d). - Características generales del terreno por el que se cruzó.

La faja costera del Estado de Veracruz donde se desarrollaron los
trabajos del oleoducto en cuestión, se caracteriza por un relieve plano o
con ligeras ondulaciones; por lo que la topografía resultó poco accidentada.

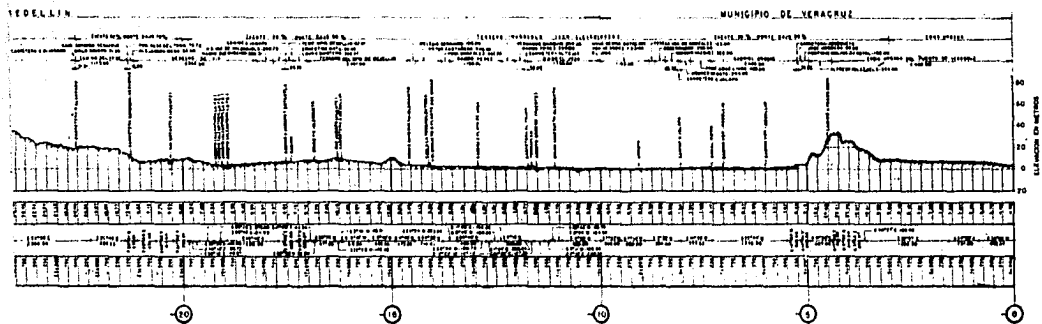
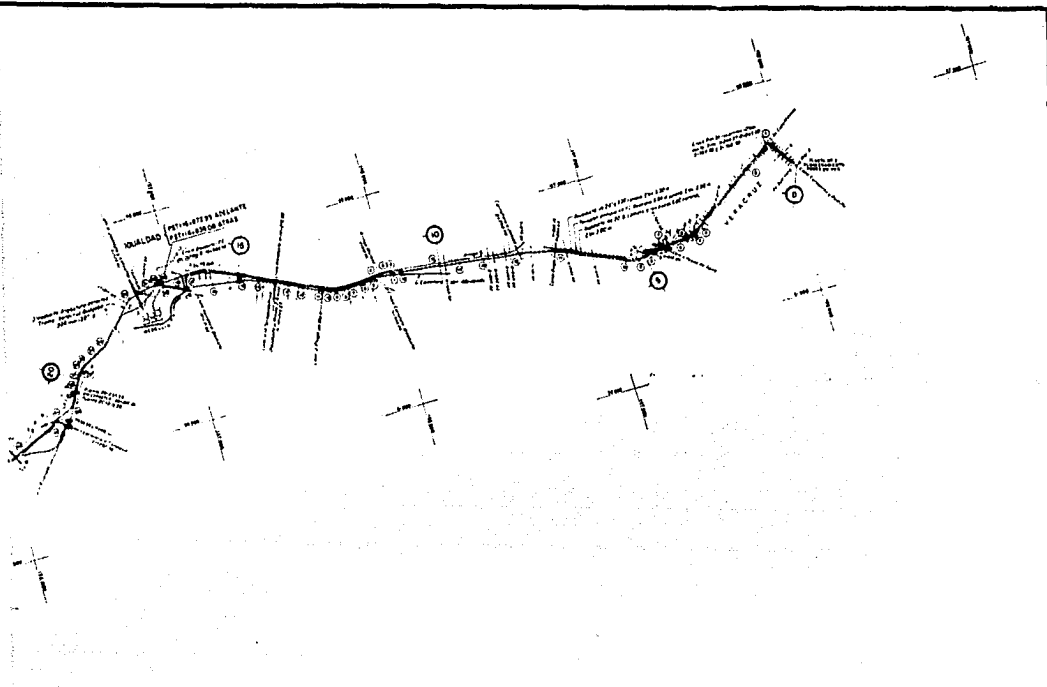
Los suelos están constituidos por formaciones sedimentarias, en -
las que predominan las arcillas, conglomeraos y areniscas bastante bien
cementadas y que ofrecen resistencia a los trabajos de excavación, cir---
cunstancia esta última que influyó notablemente en la excavación de la zan-
ja, determinando desde luego su alto costo, ya que solo alrededor de 50 cm.
de profundidad eran de tierra vegetal, por lo que posteriormente hubo difi-
cultades al entrar la maquinaria de excavación. Ya en las partes bajas, pa-
ra llegar a Veracruz, se encontraron algunas zonas de tipo pantanoso, las
que determinaron también algunos tropiezos al entrar el tren de construc-
ción en ellas.

El otro aspecto topográfico decisivo, lo estableció el hecho de tener
tres ríos caudalosos, a saber: Río Blanco, Río Cotaxtla y Río Jamapa. --
Estos ríos dividieron de hecho la línea en cuatro tramos:

Tramo Angostura-Madereros (Río Blanco)
Tramo Madereros (Río Blanco)-Cotaxtla
Tramo Cotaxtla-Jamapa
Tramo Jamapa-Veracruz

e). - Plazo de ejecución.

Para la construcción del oleoducto de 20" únicamente, desde Angostura hasta Veracruz, dejando los puntos marcados sobre la línea listos para hacerse las diversas conexiones, tanto a las plantas de calentamiento y bombeo, al ramal para la planta de Dos Bocas, así como a los tanques de almacenamiento en Veracruz, se establecieron primeramente 90 días -- como plazo, pero debido al retraso de llegada del equipo de construcción, este plazo se prorrogó otros 90 días. Posteriormente hubo otra prórroga de 30 días para ejecutar algunas de las obras especiales como los puentes colgantes y cruces de ríos mayores, cuyos planos fueron entregados con alguna demora.

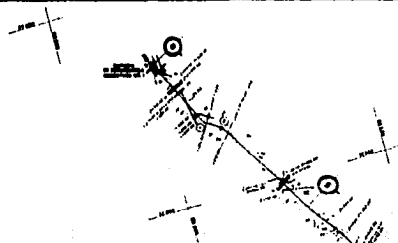


ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
TESIS PROFESIONAL

PROYECTO DEL OLEODUCTO
ANGOSTURA - VERACRUZ

LONGITUD TOTAL: 74+739.35 KM.
DIAMETRO DE TUBERIA: 508 mm (20")

PLANO No.
0 **RAFAEL ABUERTO VALDES**



UBICACION
Municipio: TILACALCUTLA, YUCATAN Y MEDELLIN
Estado: VERACRUZ
Zona: CENTRO
Provincia: VERACRUZ

LOCALIZACION DEL OLSODUCTO
ANODSTURA-VERACRUZ
TRAMO ANODSTURA-SANTO

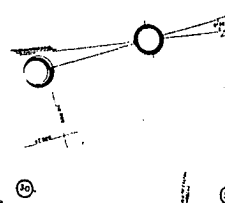
LADOS	ESTACION	PUNTO	COORDENADAS	PUNTO DE VISTA										ESTACION
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0+00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	0+10	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
3	0+20	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
4	0+30	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
5	0+40	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
6	0+50	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
7	0+60	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
8	0+70	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
9	0+80	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
10	0+90	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190

DATOS DE LAS CURVAS														
TRAMO ANODSTURA-SANTO														
CURVA	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST	EST
1	0+00	0+10	0+20	0+30	0+40	0+50	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130
2	0+10	0+20	0+30	0+40	0+50	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140
3	0+20	0+30	0+40	0+50	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150
4	0+30	0+40	0+50	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160
5	0+40	0+50	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+170
6	0+50	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+170	0+180
7	0+60	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+170	0+180	0+190
8	0+70	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+170	0+180	0+190	0+200
9	0+80	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+170	0+180	0+190	0+200	0+210
10	0+90	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+170	0+180	0+190	0+200	0+210	0+220

UBICACION
Municipio: MEDELLIN Y VERACRUZ
Estado: VERACRUZ
Zona: CENTRO
Provincia: VERACRUZ

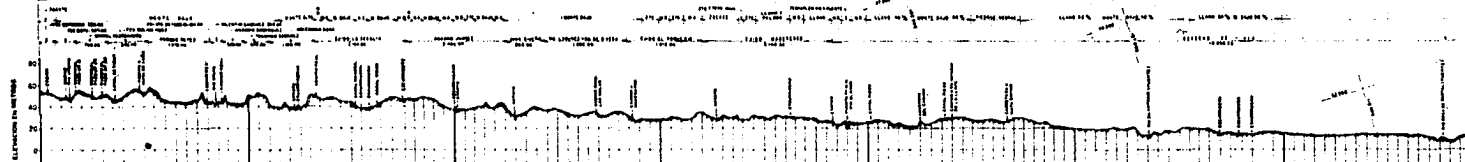
LOCALIZACION DEL OLSODUCTO
ANODSTURA-VERACRUZ
TRAMO VERACRUZ-SANTO

LADOS	ESTACION	PUNTO	COORDENADAS	PUNTO DE VISTA										ESTACION
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0+00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	0+10	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
3	0+20	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
4	0+30	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
5	0+40	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
6	0+50	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
7	0+60	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
8	0+70	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
9	0+80	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
10	0+90	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190



MUN. DE SIERRA BLANCA

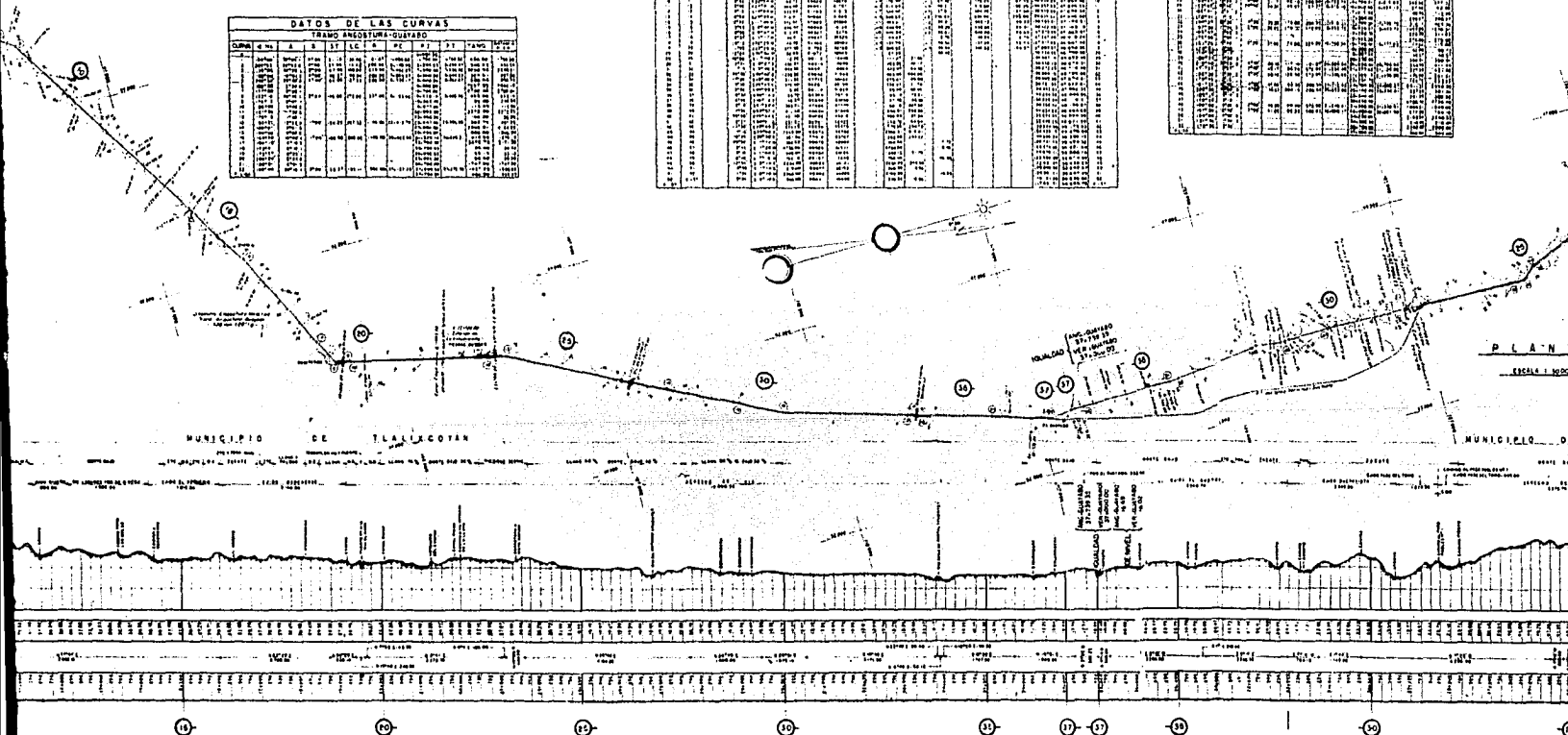
MUNICIPIO DE TILACALCUTLA



COTAS DEL TERRENO	TRAZO	KILOMETRAJE
0+00	0+00	0+00
0+10	0+10	0+10
0+20	0+20	0+20
0+30	0+30	0+30
0+40	0+40	0+40
0+50	0+50	0+50
0+60	0+60	0+60
0+70	0+70	0+70
0+80	0+80	0+80
0+90	0+90	0+90
0+100	0+100	0+100
0+110	0+110	0+110
0+120	0+120	0+120
0+130	0+130	0+130
0+140	0+140	0+140
0+150	0+150	0+150
0+160	0+160	0+160
0+170	0+170	0+170
0+180	0+180	0+180
0+190	0+190	0+190
0+200	0+200	0+200

LOCALIZACIÓN DEL OLEODUCTO
ANGOSTURA-VERACRUZ

GENERAL INFORMATION										PERSONAL INFORMATION										EDUCATION										EMPLOYMENT										MILITARY SERVICE										CRIMINAL RECORD										FINANCIAL INFORMATION										OTHER INFORMATION									
NAME		DATE OF BIRTH		PLACE OF BIRTH		CITIZENSHIP		RELIGION		MARRITAL STATUS		SPOUSE'S NAME		SPOUSE'S DATE OF BIRTH		SPOUSE'S PLACE OF BIRTH		SPOUSE'S CITIZENSHIP		SPOUSE'S RELIGION		SPOUSE'S MARRITAL STATUS		SPOUSE'S EMPLOYMENT		SPOUSE'S MILITARY SERVICE		SPOUSE'S CRIMINAL RECORD		SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION		SPOUSE'S OTHER INFORMATION		CHILDREN'S NAME		CHILDREN'S DATE OF BIRTH		CHILDREN'S PLACE OF BIRTH		CHILDREN'S CITIZENSHIP		CHILDREN'S RELIGION		CHILDREN'S MARRITAL STATUS		CHILDREN'S EMPLOYMENT		CHILDREN'S MILITARY SERVICE		CHILDREN'S CRIMINAL RECORD		CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION		CHILDREN'S OTHER INFORMATION																									
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH	9	SPOUSE'S PLACE OF BIRTH	10	SPOUSE'S CITIZENSHIP	11	SPOUSE'S RELIGION	12	SPOUSE'S MARRITAL STATUS	13	SPOUSE'S EMPLOYMENT	14	SPOUSE'S MILITARY SERVICE	15	SPOUSE'S CRIMINAL RECORD	16	SPOUSE'S FINANCIAL INFORMATION	17	SPOUSE'S OTHER INFORMATION	18	CHILDREN'S NAME	19	CHILDREN'S DATE OF BIRTH	20	CHILDREN'S PLACE OF BIRTH	21	CHILDREN'S CITIZENSHIP	22	CHILDREN'S RELIGION	23	CHILDREN'S MARRITAL STATUS	24	CHILDREN'S EMPLOYMENT	25	CHILDREN'S MILITARY SERVICE	26	CHILDREN'S CRIMINAL RECORD	27	CHILDREN'S FINANCIAL INFORMATION	28	CHILDREN'S OTHER INFORMATION																								
1	NAME	2	DATE OF BIRTH	3	PLACE OF BIRTH	4	CITIZENSHIP	5	RELIGION	6	MARRITAL STATUS	7	SPOUSE'S NAME	8	SPOUSE'S DATE OF BIRTH																																																																

[illegible]LOCALIZACIÓN DEL OLEODUCTO
ANGOSTURA-VERACRUZ
1940-1941-1942-1943-1944-1945-1946-1947-1948-1949-1950-1951-1952-1953-1954-1955-1956-1957-1958-1959-1960-1961-1962-1963-1964-1965-1966-1967-1968-1969-1970-1971-1972-1973-1974-1975-1976-1977-1978-1979-1980-1981-1982-1983-1984-1985-1986-1987-1988-1989-1990-1991-1992-1993-1994-1995-1996-1997-1998-1999-2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006-2007-2008-2009-2010-2011-2012-2013-2014-2015-2016-2017-2018-2019-2020-2021-2022-2023-2024-2025-2026-2027-2028-2029-2030-2031-2032-2033-2034-2035-2036-2037-2038-2039-2040-2041-2042-2043-2044-2045-2046-2047-2048-2049-2050-2051-2052-2053-2054-2055-2056-2057-2058-2059-2060-2061-2062-2063-2064-2065-2066-2067-2068-2069-2070-2071-2072-2073-2074-2075-2076-2077-2078-2079-2080-2081-2082-2083-2084-2085-2086-2087-2088-2089-2090-2091-2092-2093-2094-2095-2096-2097-2098-2099-2100-2101-2102-2103-2104-2105-2106-2107-2108-2109-2110-2111-2112-2113-2114-2115-2116-2117-2118-2119-2120-2121-2122-2123-2124-2125-2126-2127-2128-2129-2130-2131-2132-2133-2134-2135-2136-2137-2138-2139-2140-2141-2142-2143-2144-2145-2146-2147-2148-2149-2150-2151-2152-2153-2154-2155-2156-2157-2158-2159-2160-2161-2162-2163-2164-2165-2166-2167-2168-2169-2170-2171-2172-2173-2174-2175-2176-2177-2178-2179-2180-2181-2182-2183-2184-2185-2186-2187-2188-2189-2190-2191-2192-2193-2194-2195-2196-2197-2198-2199-2200-2201-2202-2203-2204-2205-2206-2207-2208-2209-2210-2211-2212-2213-2214-2215-2216-2217-2218-2219-2220-2221-2222-2223-2224-2225-2226-2227-2228-2229-2230-2231-2232-2233-2234-2235-2236-2237-2238-2239-2240-2241-2242-2243-2244-2245-2246-2247-2248-2249-2250-2251-2252-2253-2254-2255-2256-2257-2258-2259-2260-2261-2262-2263-2264-2265-2266-2267-2268-2269-2270-2271-2272-2273-2274-2275-2276-2277-2278-2279-2280-2281-2282-2283-2284-2285-2286-2287-2288-2289-2290-2291-2292-2293-2294-2295-2296-2297-2298-2299-2300-2301-2302-2303-2304-2305-2306-2307-2308-2309-2310-2311-2312-2313-2314-2315-2316-2317-2318-2319-2320-2321-2322-2323-2324-2325-2326-2327-2328-2329-2330-2331-2332-2333-2334-2335-2336-2337-2338-2339-2340-2341-2342-2343-2344-2345-2346-2347-2348-2349-2350-2351-2352-2353-2354-2355-2356-2357-2358-2359-2360-2361-2362-2363-2364-2365-2366-2367-2368-2369-2370-2371-2372-2373-2374-2375-2376-2377-2378-2379-2380-2381-2382-2383-2384-2385-2386-2387-2388-2389-2390-2391-2392-2393-2394-2395-2396-2397-2398-2399-2400-2401-2402-2403-2404-2405-2406-2407-2408-2409-2410-2411-2412-2413-2414-2415-2416-2417-2418-2419-2420-2421-2422-2423-2424-2425-2426-2427-2428-2429-2430-2431-2432-2433-2434-2435-2436-2437-2438-2439-2440-2441-2442-2443-2444-2445-2446-2447-2448-2449-2450-2451-2452-2453-2454-2455-2456-2457-2458-2459-2460-2461-2462-2463-2464-2465-2466-2467-2468-2469-2470-2471-2472-2473-2474-2475-2476-2477-2478-2479-2480-2481-2482-2483-2484-2485-2486-2487-2488-2489-2490-2491-2492-2493-2494-2495-2496-2497-2498-2499-2500-2501-2502-2503-2504-2505-2506-2507-2508-2509-2510-2511-2512-2513-2514-2515-2516-2517-2518-2519-2520-2521-2522-2523-2524-2525-2526-2527-2528-2529-2530-2531-2532-2533-2534-2535-2536-2537-2538-2539-2540-2541-2542-2543-2544-2545-2546-2547-2548-2549-2550-2551-2552-2553-2554-2555-2556-2557-2558-2559-2560-2561-2562-2563-2564-2565-2566-2567-2568-2569-2570-2571-2572-2573-2574-2575-2576-2577-2578-2579-2580-2581-2582-2583-2584-2585-2586-2587-2588-2589-2590-2591-2592-2593-2594-2595-2596-2597-2598-2599-2600-2601-2602-2603-2604-2605-2606-2607-2608-2609-2610-2611-2612-2613-2614-2615-2616-2617-2618-2619-2620-2621-2622-2623-2624-2625-2626-2627-2628-2629-2630-2631-2632-2633-2634-2635-2636-2637-2638-2639-2640-2641-2642-2643-2644-2645-2646-2647-2648-2649-2650-2651-2652-2653-2654-2655-2656-2657-2658-2659-2660-2661-2662-2663-2664-2665-2666-2667-2668-2669-2670-2671-2672-2673-2674-2675-2676-2677-2678-2679-2680-2681-2682-2683-2684-2685-2686-2687-2688-2689-2690-2691-2692-2693-2694-2695-2696-2697-2698-2699-2700-2701-2702-2703-2704-2705-2706-2707-2708-2709-2710-2711-2712-2713-2714-2715-2716-2717-2718-2719-2720-2721-2722-2723-2724-2725-2726-2727-2728-2729-2730-2731-2732-2733-2734-2735-2736-2737-2738-2739-2740-2741-2742-2743-2744-2745-2746-2747-2748-2749-2750-2751-2752-2753-2754-2[illegible][illegible]

P E R F I L

ESCALAS $\begin{cases} \text{VERTICAL} & 1 \text{ DIA} \\ \text{HORIZONTAL} & 1 \text{ DIA} \end{cases}$

CAPITULO II

EXPOSICION DEL PROCEDIMIENTO GENERAL DE CONSTRUCCION Y SU JUSTIFICACION

En primer lugar, hay que advertir que para lograr un perfecto --- equilibrio entre equipo y fuerza de trabajo en todas las fases de cons----- trucción de un oleoducto, es necesaria una completa coordinación entre -- los elementos planeadores y el grupo constructor. En otras palabras, los rendimientos diarios deben ser sensiblemente iguales desde la primera -- fase o sea la brecha, hasta la última que es el tapado de la tubería, para- evitar: ya sean despegues excesivos entre estas fases, o bien comprimir - el trabajo, con lo cual no se lograría beneficio alguno, y se prestaría a -- serias dificultades debidas a la concentración de personal y equipo en una distancia muy reducida.

El equipo del oleoducto se programó para tener un rendimiento de 1 a 1.5 Kms. por día. En todas las fases, con excepción de la zanja, se - contó desde el principio, con los grupos de equipo programados para dar - ese rendimiento y en consecuencia estuvo garantizado el avance.

La preparación y conformado del derecho de vía, que es la primera fase a construir consistió en abrir una brecha de 12 Mts. de ancho, salvo en los casos en que el derecho de vía fue más angosto, en cuyo caso la -- brecha se limitó al ancho del espacio disponible. La apertura de la brecha consistió en cortar toda clase de monte al nivel del suelo, usando herra--

mientas de mano y maquinaria para conformar el terreno hasta donde fué posible, para permitir el tránsito por la brecha y desalojar los núcleos - de construcción a lo largo de la misma. Hubo necesidad además, de --- abrir algunos tramos de acceso a la línea.

Antes de proceder a abrir la brecha, se hizo la distribución adecuada de la tubería, en cada una de las estaciones escogidas para el efecto, sobre la vía del ferrocarril que corre paralelo a la línea desde Tierra Blanca a Veracruz, descargando en cada una de ellas, la cantidad necesaria determinada por su zona de influencia.

Esta maniobra fué un tanto delicada, ya que la descarga solo pudo hacerse por medios mecánicos, con el cuidado necesario para no abollar los cuerpos y extremos de los tubos. Mas tarde se procedió a acarrearlos repartiéndolos a lo largo de la línea, prácticamente al mismo tiempo que - la brecha era abierta, a pesar de que el modo correcto de hacerlo, es el - de tirar estos tubos después de haber abierto la zanja, para no ser maltra-
tados por el equipo que transita sobre la línea, ya que de esta manera ---- serían soldados inmediatamente y no tendrían que esperar a que pasara la maquinaria de excavación. En este caso, no pudo realizarse así, por la - lentitud con que se iba abriendo la zanja, debido a la dureza del terreno, - en cuyo caso se habría presentado la dificultad de tener parado al equipo - de transporte.

Para la zanja se tuvieron las dimensiones específicas de anchura -

mínima y de profundidad, variando esta última a lo largo de la línea por diversas circunstancias de las que hablaremos más adelante.

Fué requisito, por especificación también, dejar un espacio mínimo de colchón de material sobre la tubería.

Debido al hecho de que tuvieron que emplearse diversos métodos para la construcción de la zanja, resultó que en algunos lugares no se tuvo la sección uniforme y por lo que fué necesario conformar el fondo de ella para tener el ancho requerido, de manera que se pudiera colocar la tubería con la holgura suficiente para que al contraerse por temperatura, no se produjeran esfuerzos de tensión en la misma.

Un renglón de consideración fue, que con el objeto de evitar operaciones innecesarias de doblado de la tubería en curvas verticales, se profundizó la zanja más de lo especificado en los casos en que fué necesario, para no obligar a la tubería a seguir irregularidades pronunciadas de la superficie del terreno. Estas variaciones no fueron de gran consideración ya que la tubería al estar conectada en tramos de gran longitud, adquiere una flexibilidad muy grande y se pliega perfectamente bien al terreno. Debido a la dureza adversa del mismo, como se mencionó en el Capítulo I, se tuvieron grandes dificultades en la excavación de la zanja por lo que se tuvo que recurrir a la dinamita para fragmentar el material y poder usar con mayor facilidad el equipo de excavación.

Desde luego se tomaron toda clase de precauciones ya que la línea

atravesó poblados y ranchería y existía el peligro de accidentes.

Una fase intermedia entre el tirado de la tubería, la excavación de la zanja y la soldadura, es la referente al doblado para las curvas horizontales. Por especificación, estos dobleces se hicieron limitándose estrictamente a los indispensables por cambios bruscos en el alineamiento. Para proceder a curvar el tubo, la única limitación que se estableció por especificaciones fué de no hacerlo por el método de "arrugas" (cold wrinkle bending). No se permitió que alguna soldadura quedara incluida dentro de un tramo doblado. Se empleó para esta fase una dobladora hidráulica, la cual mediante una zapata iba haciendo los dobleces necesarios dentro de un mismo tubo. Se tomaron las medidas necesarias para que no se formaran pliegues en la parte interior de la curva y para que el diámetro interior del tubo no disminuyera más de 12.70 mm (1/2"). Para evitar la generación de calor excesivo, debido al trabajo de deformación en la tubería y por esta circunstancia fuera a provocar esfuerzos muy grandes en ella, durante la hechura de los dobleces se procedió a fijar una velocidad de traslación mínima límite de 60 cms. por minuto del tubo dentro de la dobladora.

Con el objeto de no retardar al tren de soldadura, para lo cual se utilizó en su totalidad el procedimiento del arco eléctrico. Todo el equipo de soldar, como son los generadores eléctricos, cables y electrodos, fueron inspeccionados por Petróleos Mexicanos para determinar sus buenas

condiciones y lograr una perfecta operación. En cuanto a este punto especial, Petróleos Mexicanos tomó mucho empeño de su parte para lograr una perfecta soldadura de la tubería, ya que fué un renglón de mucha importancia y exigió para cada soldador, un exámen preliminar antes de permitirle entrar a trabajar en la tubería o en cualquier accesorio de la misma. A cada soldador se le asignó un número específico, y fué obligación del mismo estampar dicho número en el oleoducto cerca de cada soldadura que ejecutó, para poder hacer una futura identificación. Cada soldador hizo una soldadura completa y no se permitió a dos o más soldadores trabajar en la misma junta, salvo en el caso del primer cordón, que pudo ser hecho por dos soldadores trabajando simultáneamente en los lados opuestos del tubo a partir del punto más alto. Para ir haciendo las secciones de soldadura se usó un alineador interior, que no se quitó hasta que el primer cordón cubrió por lo menos la mitad del perímetro de un tubo. Estuvo específicamente prohibido usar soldadura de punteo y también el procedimiento de soldar rodando la tubería. Como esta era de costura longitudinal, las juntas se giraron para evitar el alineamiento de dos costuras consecutivas, de tal modo que ellas quedaron en la parte superior del tubo dentro de 30° del punto más alto. Antes de empezar a soldar los biseles de la tubería, fué quitada toda la tierra, rebaba, aceite, etc., que pudieran interferir con la soldadura.

Inmediatamente detrás de esta fase, fué corriendo un equipo menor

de inspección radiográfica de las juntas, mediante el cual se pudo llevar un control absoluto de su calidad.

Desde luego, antes de conectar los tubos para soldarse, fué necesario limpiarlos en su parte interior, para que no quedaran con alguna materia extraña, que pudiera interferir seriamente al ser probada la tubería.

Durante el proceso de soldado, se tuvieron que tomar precauciones para el equipo y personal especializado, ya que a medida que la longitud de la tubería ya soldada iba siendo mayor, adquiría propiedades elásticas proporcionales a ese desarrollo, y a medida que las deformaciones debidas a cambios térmicos iban aumentando o disminuyendo, la tubería sufría contracciones que se manifestaban en movimientos ondulatorios violentos (chicoteos); de tal modo que no se podía prever en qué momento sucederían y pudieron haberse tenido accidentes considerables debidos a este fenómeno.

A medida que avanzaba la soldadura, se iba dejando alrededor de cada 5 Kms. una junta suelta, de manera de preparar tramos con esa longitud, para efectuar en ellos la prueba parcial de aire a presión con el fin de detectar fugas; esta se hacía tapando un extremo de la tubería, corriendo dentro de ella un diablo (scraper) movido con aire comprimido, el que servía para efectuar una limpieza interior del tubo. Después de la salida del mismo por el otro extremo, también se cerraba éste, inyectando aire

a presión. Cada soldadura se cubría con espuma de jabón detergente y --
era examinada para localizar fugas de aire mientras se mantenía la pre--
sión constante. Después de observada la junta, era lavada exteriormente
con agua y, por último, eran soldados entre sí estos tramos, para lograr
su integración a la línea.

Después de esta prueba, la tubería ya ligada, se limpió con má---
quinas rasqueteadoras de tipo viajero y se completó el trabajo con cepillos
y rasquetas de mano donde la máquina no limpiaba bien. Naturalmente ---
ésto era para evitar que cualquier fenómeno, como podría ser la oxidación,
progresara aún estando la tubería ya protegida.

Antes de pasar la máquina rasqueteadora, el aceite y grasa que --
pudo tener el tubo fué limpiado con trapos empapados en gasolina. Las --
cuchillas de la máquina rasqueteadora así como sus cepillos, se tuvo el --
cuidado necesario de reponerlos en cuanto se gastaban, para obtener re--
sultados satisfactorios en este limpiado; inclusive la velocidad de avance
de la máquina fué regulada para el mismo efecto.

Ya sobre la tubería limpia y seca, se aplicó una "mano" de pintura
base o de imprimación, prácticamente al mismo tiempo que se hacía el --
rasqueteado, ya que sobre la misma máquina iba montado el equipo para -
pintar. Fué indispensable el que esta pintura se extendiera uniformemente
para no dejar puntos sin cubrir y evitar los mismos efectos corrosivos de
que habíamos anteriormente. Debieron tomarse además toda clase de -

precauciones para dejar secar esta pintura antes de que la tubería entrara en contacto con cualquier materia extraña, ya que paralelo a ella, es decir, sobre la brecha, iba el camino empleado como acceso de construcción y el constante tráfico de vehículos, podía en cualquier momento por descuido, arrojarle basuras y polvo.

Sobre la pintura anterior y por especificación no antes de 24 horas, se aplicó una capa de esmalte de alquitrán de carbón (coal tar enamel), --- suministrada por Petróleos Mexicanos, a la temperatura adecuada para -- producir un recubrimiento de 3 mm ($1/8''$) como mínimo, incluyendo una - envoltura de fibra de vidrio.

Para ser utilizado el esmalte, fué fragmentado en trozos no mayores de 15 cm. sobre tarimas o tolvas, de modo que no se revolviera con - el materia extraña.

Con el fin de fundir este esmalte se usaron unos calentadores portátiles provistos de agitadores mecánicos e instrumentos de medición.

Para lograr la correcta temperatura y aplicación del esmalte, fué necesario cuando menos, esperar un tiempo de dos horas de calentamiento, y una vez obtenida esta temperatura, el esmalte fué aplicado totalmente en un plazo no mayor de 6 horas.

Fué una consideración importante el mantener los calentadores -- limpios y libres de materia extraña, teniéndose la precaución de no cargarlos con esmalte frío mientras estaba siendo alimentada la máquina ---

esmaltadora. Tampoco se permitió que este material fuera recalentado más de dos veces, para ser usado.

Como ya dijimos anteriormente, la tubería se forró con material de fibra de vidrio colocado sobre el esmalte caliente en forma de espiral. Este recubrimiento fué hecho a máquina de tal modo, que quedó embebido en el esmalte. Con la misma máquina que se hizo esta cubierta y simultáneamente enrollado en la tela de fibra de vidrio, en los casos estipulados por Petróleos Mexicanos, fué colocada una envoltura final de fieltro de asbesto, quedando este material con un traslape semejante al de la fibra de vidrio.

Hubo un tramo, ya para llegar a la ciudad de Veracruz, en donde este procedimiento se hizo a mano, para lo cual fué necesario el establecimiento de una planta esmaltadora fija, desde la cual se efectuaba el transporte de los tubos ya preparados a su destino, donde eran soldados a la línea y protegida la soldadura con el esmalte. Tuvo que emplearse este procedimiento, debido a que se empezó a atacar también el frente de Veracruz al mismo tiempo, y solo se contó con una máquina esmaltadora, además de la dificultad que significaba el uso de equipo pesado dentro de la ciudad. Donde el esmaltado fué hecho a máquina y quedaron algunos lugares sin proteger debido a circunstancias propias del trabajo, la protección a esos puntos se iba haciendo a mano, a una cierta distancia atrás de la máquina esmaltadora.

Inmediatamente después del esmaltado de la tubería, se pasaba un calibrador para verificar el grueso de la protección y un detector eléctrico de fallas acusaba puntos de protección insuficiente, los cuales eran -- reesmaltados a mano.

Posteriormente fué preparado el fondo de la zanja, quitando los - obstáculos, piedras o irregularidades, que significaban puntos de concentración de cargas que podían dañar el revestimiento en el momento de --- bajar la tubería, o como consecuencia de las contracciones de temperatura una vez tendida la misma.

En los lugares en que la excavación fué hecha en material duro, se preparó para dar un apoyo uniforme al tubo, una capa de material blando, arena o tierra.

Para bajar la tubería a la zanja, se tomó la precaución de emplear bandas planas de lona, ya que el uso de cables de fibra o de metal hubiera dañado la protección.

Al descender la tubería, se dejaron aproximadamente a cada 500 -- metros, unas "ondas de ajuste" (slack loops), que sobresalían de la zanja-- sostenidas por polines atravesados sobre la misma, quedando alrededor de 75 metros sin rellenar a cada lado de estas ondas.

Posteriormente, en las horas de menor temperatura, se dejaba que la tubería bajara al fondo de la zanja, garantizándose de esta manera que - quedara trabajando a compresión.

Una vez tendida la tubería en el fondo de la zanja, se procedió a taparla, usando para los primeros 20 cms. de colchón sobre la superficie del tubo, el material más suave y menos anguloso; además se tomó la precaución de rellenar inmediatamente después para prevenir la flotación del mismo en caso de inundación de la zanja y para evitar daños en el forro de la tubería, a consecuencia de los movimientos causados por los cambios de temperatura que se mencionaron cuando se habló de la soldadura.

Finalmente el relleno fué compactado transitando equipo pesado sobre él.

Cuando la línea estuvo totalmente terminada, bajada, tapada y con todas las válvulas y demás accesorios instalados, se procedió a hacer las pruebas finales de presión hidrostática, sometiendo el oleoducto a una presión de 70.30 Kg/cm^2 (1000 lbs/pulg²) durante 24 horas. En este tiempo se procuró mantener la presión constante, pudiéndose detectar las fallas dentro de la tubería.

Trabajos especiales.

Estos consistieron esencialmente, en lograr los cruzamientos correctos con carreteras, vías de ferrocarril y corrientes de agua. Cada caso tuvo sus problemas especiales de los que hablaremos más adelante; sin embargo, podemos decir que para los cruces con carreteras y vías de

ferrocarril, se pasó la línea por debajo de las sub-rasantes, dentro de -- tubos de protección debidamente sellados, e inclusive en algunos casos, - se instalaron tubos ventiladores.

En cuanto a los cruzamientos de corrientes de agua, estos ya no -- pudieron convertirse en un caso tan general. En pequeños arroyos, por - ejemplo, la tubería fué depositada abajo del lecho del río debidamente --- lastrada con unos bloques de concreto.

Los cruces con canales de riego, se hicieron del modo más econó- mico, descansando la tubería sobre unos soportes laterales, empleando -- un sistema consistente en hincar un tubo en el terreno, teniendo soldado - en su parte superior un medio tubo, sobre el que se apoyaba directamente el oleoducto.

Ya en arroyos mayores, se empleó el sistema de puentes colgan--- tes que consistió en suspender la tubería directamente de cables sostenidos por unas torres verticales y anclar sus extremos en unos muros de con-- creto ciclópeo.

En cuanto a los cruces por los ríos caudalosos, se aprovecharon -- los puentes de ferrocarril existentes, suspendiéndose la tubería de los --- mismos.

Hemos expuesto en términos muy generales, el procedimiento de -- construcción utilizado en el oleoducto Angostura-Veracruz; hemos estable- cido también en algunos puntos, la justificación de esa elección, derivada -

directamente de las especificaciones que proporcionó Petróleos Mexicanos para su realización.

En lo que resta, hay que decir que debido al corto plazo de ejecución de esta obra, hubo necesidad de utilizar casi en su totalidad equipo pesado, excepto en 6 Kms. dentro de la ciudad de Veracruz, los cuales tuvieron que hacerse sin maquinaria, ya que el empleo de ella hubiera sido prácticamente imposible, debido a las redes de tubería subterráneas y otros problemas similares.

CAPITULO III

Primera Parte

PROGRAMA DE CONSTRUCCION. - En cualquier actividad en que se persigue un fin determinado, será necesario controlar los diferentes pasos -- que conducen a dicho fin, para poder prever todos los factores que en uno u otro sentido influyen en su conclusión.

Este control corresponde en construcción a los programas de trabajo, en los que no es necesario profundizar, ya que cualquier persona que tenga ligas directas o indirectas en el trabajo de construcción, comprenderá desde el primer momento su importancia.

El programa de trabajo que se formule para alguna obra determinada, está obligado al aspecto económico en general, pues puede ocurrir que una obra que se desarrolla en un plazo largo, sea factor decisivo para la economía del constructor, pero no así para la economía general del proyecto, que necesita recuperar su inversión en el menor plazo posible; o -- por el contrario, una obra que se planeó en un plazo corto, puede ser beneficiosa para el inversionista pero por la misma razón el costo de construcción puede ser muy elevado.

Por otro lado, es probable que dentro del mismo aspecto de economía general del proyecto, el constructor tenga necesidad de adquirir equipo especial para realizar cierto tipo de obras, que además no son muy usuales, por lo que su amortización será muy elevada y los precios unitarios subirán.

En construcciones públicas, en las cuales el constructor no es el propietario de las mismas, se le fijan a éste los plazos de ejecución y con esta orientación tiene que amoldar su programa y sus precios unitarios.

En esta forma contando con un plazo determinado, no resta más -- que dividir las diferentes fases del trabajo en períodos de construcción -- para que coordinadamente se cumplan.

En la formación del programa, se tomaron muy en cuenta los períodos de planeación, de organización y de lluvias; períodos en los cuales el rendimiento no podía ser el máximo; y en esta forma puede verse en las láminas 6 y 7 , como al iniciarse la construcción, las cantidades de --- obra por mes o por semana, fueron generalmente inferiores a las que se programaron en períodos subsecuentes.

El programa de construcción cumple varios objetivos, ellos son: -- determinar la cantidad de equipo necesario eligiendo el más conveniente, -- establecer la estrategia general a seguir durante el ataque de los trabajos, formular el cuadro de personal de operación requerido y el cuadro general de organización de la división, deducir las cantidades de materiales necesarios y, por último, definir el probable importe del trabajo que va a ejecutarse, con el fin de coordinar el financiamiento económico interior de la obra.

Dentro del desarrollo de los trabajos y sobre todo en construcción -- de oleoductos, en que el plazo total de ejecución es generalmente muy cor-

to, es indispensable que el Superintendente General apoyado en programas mensuales, formule programas semanales y aún diarios con el objeto de controlar los avances y coordinar las diferentes fases del trabajo, que por diferentes motivos se han adelantado o atrasado con respecto a los avances originalmente previstos. Además para fines de control del avance y exigencias hacia el personal secundario, llevará gráficas que le permitan darse cuenta y comparar el estado de los trabajos en cualquier momento, sin recurrir a operaciones numéricas; siendo conveniente además, que estas gráficas las lleve siempre consigo durante sus recorridos de inspección.

El tipo clásico de curvas que nos representan las cantidades de trabajo ejecutadas en cualquier fase de una obra, es el que se muestra en la figura 3 y lógicamente es obtenida al sumar las cantidades parciales de cada uno de los períodos de tiempo.

Puede observarse que los avances al iniciar y al terminar la obra, son inferiores por regla general al avance promedio, lo cual es debido en el primero de los casos, al tiempo que se emplea para la planeación, organización e integración de los núcleos de construcción y en el segundo, a que prácticamente ya se ha terminado el trabajo pesado y solo quedan detalles por hacer, o bien que la atención a otras fases en plena producción, distrae a gran parte del equipo y personal que se encuentra en esta fase a punto de concluirse.

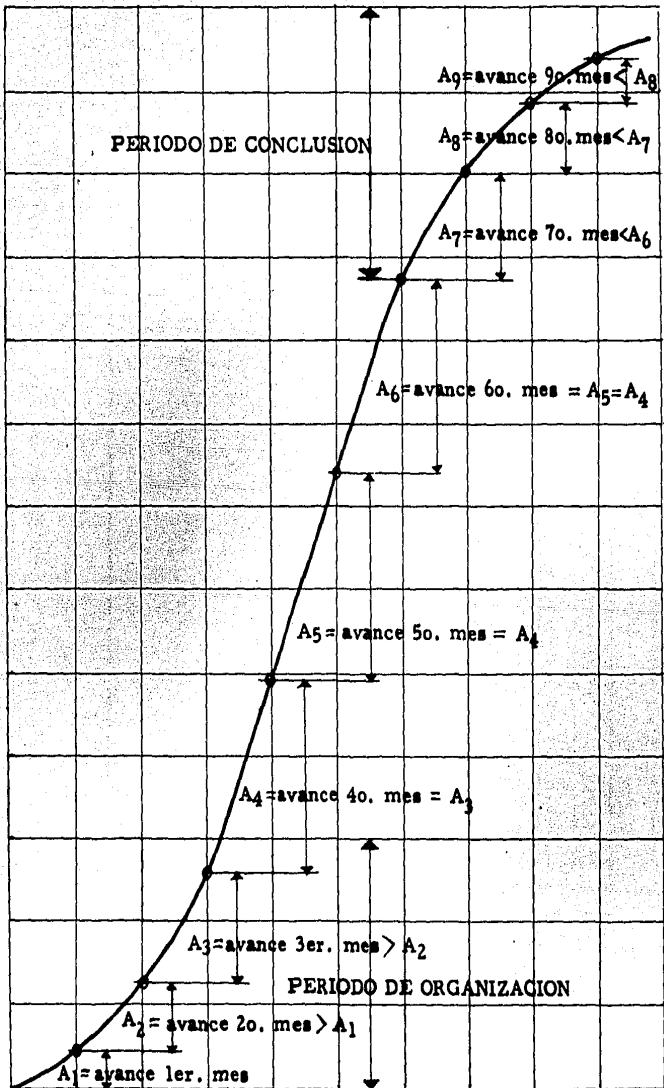


Figura 3

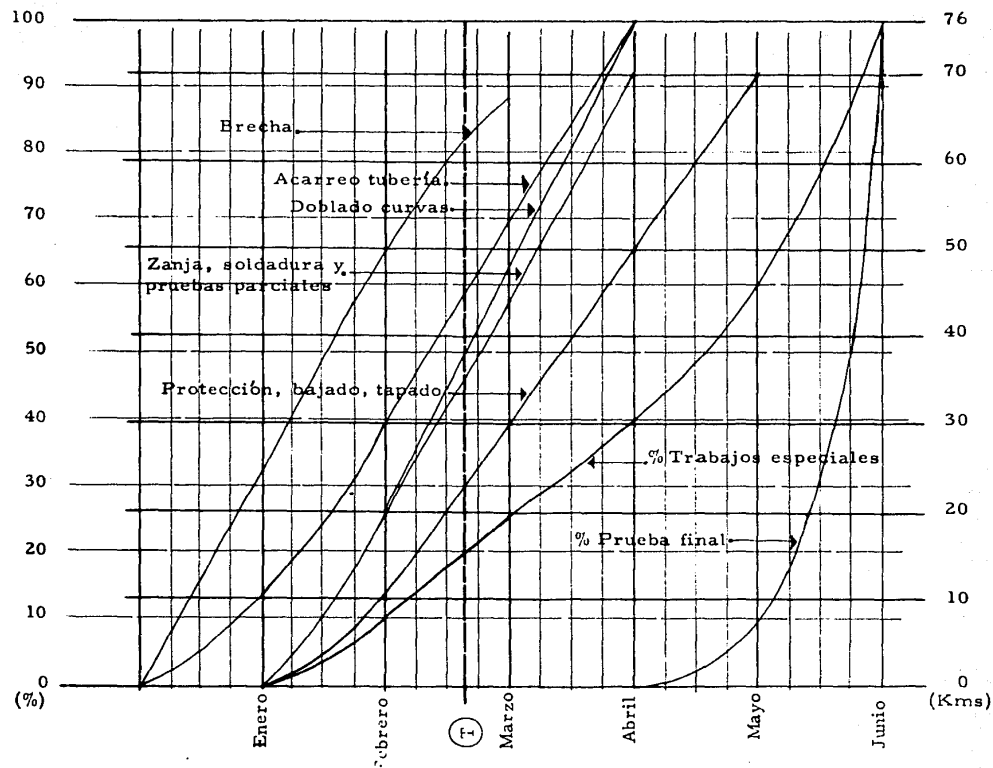
PROGRAMA DE CONSTRUCCION

CONCEPTO	Totales	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
		Propio	Suma	Propio	Suma	Propio	Suma	Propio	Suma	Propio	Suma	Propio	Suma
Brecha	67.5 Km	25	25	25	50	17.5	67.5						
Acarreo tubería	76 Km	10	10	20	30	23	53	23	76				
Doblado curvas	76 Km			20	20	28	48	28	76				
Excavación zanja	70 Km			20	20	24	44	26	70				
Soldadura	70 Km			20	20	24	44	26	70				
Protección	70 Km			10	10	20	30	20	50	20	70		
Bajado y Tapado	70 Km			10	10	20	30	20	50	20	70		
Pruebas parciales	70 Km			20	20	24	44	26	70				
Trabajos especiales	100 %			10%	10%	15%	25%	15%	40%	20%	60%	40%	100%
Prueba final	100 %									10%	10%	90%	100%

-20-

Para el frente de la ciudad de Veracruz, no se establece un programa determinado.
Deberá realizar 6 Kms. mientras se desarrolla el trabajo en el campo.
Se le suministrará tubería recta y doblada y contará con una planta esmaltadora fija.

REPRESENTACION GRAFICA DEL PROGRAM. DE CONSTRUCCION



Si se observa con detenimiento el cuadro del programa de construcción y su representación gráfica (Láminas 6 y 7), se podrá apreciar que en cualquier momento, los avances dentro de la obra están ordenados de manera de no interferirse y llevan un tren de construcción en el cual ordenadas estas fases, puedan realizarse con toda fluidez; así vemos como en el período marcado en la gráfica, empezamos desde la brecha, continuando con el acarreo de la tubería, el doblado de las curvas, la zanja, la soldadora y las pruebas parciales que prácticamente se deben realizar al mismo tiempo para terminar con la protección, el bajado y tapado.

Los trabajos especiales, se van desarrollando progresivamente a la vez que avanza el trabajo de línea, hasta alcanzar en el mes de mayo su máxima intensidad, esto es consecuencia de tener en disponibilidad la mayoría del equipo y personal especializado que se ha desocupado de las otras fases. En cuanto a la prueba final de la tubería, ésta se programó para hacer los preparativos en el mes de abril y concluirse en el transcurso del mes de mayo.

Con relación a los trabajos especiales que deben desarrollarse durante la construcción de un oleoducto, es conveniente hacer un estudio general en el cual con toda seguridad, se llegará a la conclusión que suele utilizarse en los métodos más modernos de construcción en este tipo de obras, consistente en dividir francamente la construcción en trabajo de línea y trabajos especiales, no teniendo absolutamente ninguna relación

entre ellos.

En el oleoducto en cuestión, no hubo necesidad imperiosa de recurrir a este procedimiento, habiéndose llevado la construcción combinada; pero pensemos solamente en lo que significaría un oleoducto de mayor longitud que atravesara regiones cuyas condiciones topográficas y ríos caudalosos, hicieran necesario el proyecto de grandes cruces, cuya realización en sí mismos, sería desde luego un enorme problema de Ingeniería.

SEGUNDA PARTE

ELECCION DEL EQUIPO

La primera derivación sumamente importante que nace a consecuencia de los programas de construcción, es la elección adecuada del equipo a fin de poder dar los rendimientos y costos programados.

Pero esta elección del equipo no es consecuencia solamente de los programas de construcción; deberán también tenerse muy en cuenta, factores que puedan llegar a modificar esta elección, ellos son en primer lugar, el aspecto de situación de los trabajos y sus condiciones topográficas, geológicas, geográficas, atmosféricas así como las facilidades o dificultades de llegar a los centros de suministro. Para entender mejor esta consideración podemos decir que en el momento de elegir un equipo adecuado para mover terracerías, es evidente que no será igual la elección para una zona francamente plana, cuyas condiciones de lluvia sean muy leves y se encuentre bien situada respecto a centros poblados, que una zona montañosa propensa a dificultar el movimiento del equipo, por frecuentes lluvias y con dificultades para el suministro de materiales y combustibles. Por otro lado en la elección de un equipo de perforación, será factor de primerísimo orden la dureza del material que va a ser atacado.

Otra razón no menos importante que la expuesta anteriormente, --

que deberá considerarse al elegir el equipo de construcción, es la que se refiere al aspecto económico general del constructor, ya que dentro de -- sus estudios de costo inicial, rendimientos, amortizaciones, intereses, -- gastos de operación, reparaciones menores, reparaciones mayores, etc., podrá llegar a una conclusión definitiva en cuanto al tipo de máquina que -- baje sus costos de operación.

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

Para el caso que nos ocupa, se hizo el estudio siguiente, con el fin de elegir el equipo necesario para la construcción del oleoducto:

1. - BRECHA Y CAMINOS DE ACCESO. -

Desmante. - Se tiene un ancho de plantilla igual a 12 Mts., o sea - por kilómetro 12000 M² igual a 1.2 hectáreas de desmante.

Podemos observar en el programa, que el promedio de avance es de 25 Km/mes o sea alrededor de 1 Km/día.

Un tractor equipado con angledozer, puede hacer 0.60 Ha. en un turno de 10 horas, luego entonces serán necesarios dos tractores para -- satisfacer el avance que se requiere. Si se les supone una eficiencia del 60% serán necesarios en definitiva $\frac{2}{0.6} = 3$ tractores D-8. -

Es conveniente contar con una cuchilla de bulldozer.

Terracería. - Para algunas de las terracerías que se presenten a medida que la brecha vaya avanzando y cuyo volumen sea pequeño, podrá emplearse uno de los tractores antes programados, equipado con arado.

Afinación. - Una motocon formadora del tipo Caterpillar Modelo -- 12 o una cuyas características sean semejantes, afinando terracerías de 10 Mts. de ancho con 3 pasadas, puede hacer la conformación de un kilómetro en un turno de 8 horas. Así que, para una plantilla de 12 mts. de ancho, serán necesarias $\frac{8 \times 12}{10} = 9.6$ horas. En consecuencia con una máquina será suficiente, ya que trabajará solamente un turno de 10 horas

y en caso de descompostura, podrá pagar el tiempo perdido trabajando -- dos turnos.

Caminos de acceso. En realidad en esta obra, es un concepto de -- muy poca cuantía, por lo que podrá ser realizado en unos cuantos turnos -- extra, por uno de los tractores y la motoconformadora.

2. - ACARREO TUBERÍA

Descarga en las estaciones. Para bajar los tubos se necesita una grúa móvil de 5 toneladas.

Reparaciones. El equipo necesario para reparar los tubos maltratados, debe consistir en un tripié con montacargas con capacidad de ----- 1-1/2 toneladas, un equipo de soldadura autógena para cortes, una máquina biseladora y un gato hormador de 20" para levantar abolladuras.

Carga. - Para cargar los tubos a los trailers, se empleará la misma grúa que los baja de las góndolas.

Acarreo. - El acarreo medio sacado del plano general del oleoducto resulta de 5 Kms. y del programa observamos que debe avanzarse con esta fase, a razón de 1 kilómetro al día aproximadamente. Como un tubo pesa 117 Kg/m resulta que el tonelaje por kilómetro es de 117 Tons. Así, los acarreos medios resultan de $5 \times 117 = 585 \text{ Tons.Km./Km. de oleoducto.}$

Ahora bien, es posible acarrear un promedio de 200 Tons.Km./día

con una unidad consistente en un trailer de 7 toneladas, resultándonos un número de unidades igual a $\frac{1 \times 585}{200} = 3$ unidades a las cuales considerándoles una eficiencia del 60% nos resultan $\frac{3}{0.6} = 5$ unidades de acarreo pero como nosotros vamos a emplear trailers de 10 toneladas, habremos de -- necesitar $\frac{5 \times 7}{10} = 3.5$ unidades. Esta consideración se ha hecho con bastante holgura para evitar que se retrase por cualquier motivo el suministro de tubería a la obra.

Bajado en la línea. Una grúa móvil de 5 Tons.

3. - DOBLADO.

Para este trabajo se necesita una máquina dobladora con zapatas de 20", preferentemente hidráulica, así como un tractor de oruga Caterpillar D-4 equipado con pluma lateral y una tenaza de 20".

4. - ZANJA.

Para el terreno blando representado por el 60% de la línea ----- (45.600 Mts.) que según el programa debe excavar en 90 días, será --- necesario usar dos zanjadoras; la primera que se llamará "zanjadora piloto" se utilizará para excavar la capa de tierra vegetal de aproximadamente 50 Cms. de espesor y será el modelo 312 de la Buckeye, mientras la segunda será una Buckeye modelo 48 que se empleará para excavar lo que falta para dar la profundidad. Estas máquinas pueden rendir alrededor de 500 ML en 10 horas y el avance que nosotros necesitamos es de ---

$\frac{45600}{90} = 508 \text{ ml/día}$ por lo que deberán trabajar a su máxima eficiencia sin interrupción.

Para lo que sobra o sea el 40% de la línea que es terreno rocoso y en el cual es imposible que pueda trabajar una máquina zanjadora, será necesario usar equipo de barrenación y explosivos para aflojar el material y una retroexcavadora para la excavación.

Este 40% es: $76000 \text{ Mts.} \times 0.40 \text{ Mts.} = 30400 \text{ Mts.}$ repartidos a lo largo de tres meses que durará esta fase, nos resulta un promedio de 10000 Mts. al mes, o sea 400 Mts. lineales al día.

Se supone barrenación al centro de la zanja a cada 100 Cms., --- luego entonces tendremos en 400 metros lineales, 400 barrenos de 2.00 Mts. de profundidad, o sea 800 metros lineales de barrenación. El rendimiento por turno de 8 horas de una pistola de piso, es de aproximadamente 30 metros lineales, por lo que serán necesarias $\frac{800}{30} = 27$ unidades, las cuales si se ponen a trabajar tres turnos de 8 horas (24 Hs.), se nos reducirán a 9 unidades. Ahora bien, suponiéndoles una eficiencia del 70% tendremos $\frac{9}{0.7} = 13$ pistolas, con su correspondiente equipo auxiliar que consistirá en dos compresores portátiles de 600 pies cúbicos por minuto. Para el movimiento de estos compresores, será necesario de preferencia un comando de 3 toneladas o en su defecto un tractor neumático Caterpillar DW-10 o de orugas Caterpillar D-4.

Para excavar el material fragmentado por la dinamita, usaremos una pala de $3/4$ de yarda cúbica con equipo retroexcavador, que puede --- hacer 400 M^3 en un turno de 10 horas, trabajando en zanja. Ahora bien, nosotros vamos a tener un volumen medio de zanja por kilómetro igual a $0.90 \times 1.90 \times 1000 = 1720 \text{ M}^3$. - En 400 metros lineales que tenemos - marcados como avance promedio del programa de trabajo, se tendrá un volumen igual a $1720 \times 0.40 = 690 \text{ M}^3$. - Si hacemos trabajar a esta máquina dos turnos, necesitaría hacer en cada uno de ellos 345 M^3 para lograr los 690 que se requieren, lo cual puede hacerlo perfectamente como se dijo al principio, aún suponiéndole una eficiencia del 85%.

Deberá destinarse un compresor de 600 pcm con su dotación de - 8 pistolas (2 de reserva) a los trabajos de barrenación que haya que ejecutar para volar el terreno y dejar cortes donde pueda pasar la línea con su plantilla horizontal. Así como un tractor D-8 con bulldozer y angledozer.

5. - SOLDADURA.

Necesitamos un avance diario de 1000 metros lineales.

Puede llegar a ejecutarse un promedio de aproximadamente 320 ML por turno de 8 horas, en una tubería de 20" integrando grupos de 6 soldadores (2 fondeadores y 4 acabadores) por lo que será necesario trabajar - las 24 horas en esta fase.

El equipo fundamental necesario es el siguiente:

1 Tractor D-7 con pluma lateral y tenaza de 20" para maniobrar los tubos.

6 Soldadoras de 200 Amperes (2 para fondear y 4 para acabar)

1 Camión redilas de 5 Tons. para montar en él las soldadoras de fondeo.

1 Alineador interior para el ajuste de la tubería.

1 Jeep para arrastrar las soldadoras de acabado.

1 Esmeril portátil con motor de gasolina.

1 Camión redilas de 5 Tons., para transporte de materiales y --- personal.

Independientemente de las cuadrillas de soldadura, deberá existir una cuadrilla de reparaciones que conste del equipo siguiente:

2 Tripiés con montacargas de 7 Tons. para maniobras con la tubería.

1 Camioneta de 3/4 Tons. de doble tracción para sus movimientos.

1 Equipo de autógena para cortes necesarios a la tubería.

1 Soldadora de 200 amperes.

1 Máquina biseladora.

2 Alineadores exteriores porque en estos casos no pueden utilizarse alineadores interiores ya que corren siempre dentro de la tubería.

6. - PROTECCION A LA TUBERIA

Calentadores. El consumo aproximado de esmalte para protección

de 1/8" en tubería de 20", es de 5.8 litros por metro lineal.

Por kilómetro tendremos que emplear 5800 litros.

La capacidad de los calentadores que se dispone es de 1500 litros y por lo tanto serán necesarias $\frac{5800}{1500} = 4$ unidades. Además se necesita una para los cambios y otra para parcheo; en resumen serán necesarios 6 calentadores de 1500 litros de capacidad cada uno.

Movimiento de los calentadores. Para ir desalojandolos a lo largo de la línea es indispensable un comando de doble tracción de 3 Tons.

Acarreo del esmalte. - Aproximadamente se necesitan 12 toneladas de esmalte por kilómetro, en consecuencia hace falta un camión de redilas de 5 toneladas para su transporte.

Rasqueteo y Pintura. Será necesaria una máquina rasqueteadora - de tipo viajero para tubería de 20" así como un tractor D-7 equipado con - pluma lateral y cuna de rodillos.

Esmaltado. Se requiere una máquina esmaltadora-envolvedora --- para tubería de 20" y dos tractores D-7 con pluma lateral con una cuna de rodillos cada uno.

Almacenaje de los Materiales en la Línea. - Debido a que debe --- tenerse papel de fibra de vidrio, papel de fieltro de asbesto y otros mate-- riales que deben irse desalojando al mismo ritmo que la máquina esmalta-- dora-envolvedora, hay que conectar dos trineos con lonas a los tractores - para ser jalados por ellos.

Prueba Eléctrica. Se requiere un detector de fallas eléctrico.

7. - BAJADO Y TAPADO DE LA TUBERIA.

Se aprovecharán los tres tractores D-7 equipados con pluma lateral del esmaltado, usando uno de ellos para el bajado de hondas de ajuste (slack-loops), pero en vez de usar cuna de rodillos, se empleará en uno de ellos cuna de llantas de hule y en los otros dos (uno de los cuales corresponde al bajado de slack-loops) bandas planas de lona. Para el caso de bajado de la tubería cuando estén ocupados los D-7 deberá tenerse un tripie con montacargas de 7 toneladas. Para colocar colchones de material suave, será necesario mover $0.10 \times 0.90 \times \frac{20000}{25} = 72 \text{ M}^3$ diarios -- (10 Hs.) .- Si suponemos que un camión de 3 M^3 puede hacer un viaje cada 45 minutos (0.75 hs) en diez horas hará 13 viajes (39 M^3), o sea que si -- utilizamos dos camiones, podrán rendirnos 78 M^3 en un turno; en realidad como estos colchones solo serán colocados en los lugares donde el suelo es rocoso, (40% de la línea) dichos camiones nos pueden bastar aunque en -- cierto momento sufra descomposturas alguno de ellos.

Para el tapado de la tubería el volumen medio por moverse diariamente, es: $0.90 \times 1.90 \times \frac{20000}{25} = 1370 \text{ M}^3$

Un tractor Caterpillar D-8 con angledozer puede hacer alrededor de 2000 M^3 por turno de 10 horas con consolidación, luego entonces con un -- tractor será suficiente para este trabajo.

8. - PRUEBAS PARCIALES.

Se necesita un compresor de 600 pcm y un diablo para limpieza. -
Para sellar las puntas de los tramos por probar, se emplearán dos juntas Dresser. Debe tenerse un camión de 10 toneladas para montar el compresor, para transportarlo con toda facilidad.

Para el control de la presión dentro de la tubería deben tenerse -- dos manómetros portátiles.

9. - TRABAJOS ESPECIALES.

Será necesario en lo posible, independizar los trabajos especiales del trabajo de línea, utilizando para este fin, el equipo siguiente:

Tractores D-7 equipados con pluma lateral para mover lingadas pesadas (tramos grandes de tubería ya soldada), según vayan -- siendo necesarios.

- 1 draga de $3/4$ Yd³ para hacer zanja dentro del cauce de los arroyos que se vayan a cruzar por el lecho.
- 1 Camión redilas de 1-1/2 toneladas para servicios generales --- dentro de este trabajo.
- 1 Calentador de 200 galones (758 Lts.) para parcheo en las zonas que se efectúan soldaduras dentro de estas obras.
- 2 Soldadoras de 200 amperes.

10. - PRUEBA FINAL. Para llenar la tubería, se necesita una bomba centrífuga, cuya característica prácticamente fundamental, sea que permita - al diablo correr a una velocidad mínima de 15 cms/seg. (0.5 Km./hora. -) Dato obtenido experimentalmente para que no pase agua delante del mismo.

Se requieren cuando menos 3 diablos por aquellos que deben detenerse en las estaciones de bombeo. Para levantar la presión de ----- 1000 lbs/pulg², se necesita una bomba de pistones que pueda levantar hasta 2000 lbs/pulg² con un gasto que permita realizar esta prueba en corto tiempo.

Para el control de presión dentro de la tubería, deben instalarse dos manómetros portátiles.

FRENTE DE LA CIUDAD DE VERACRUZ. -

Se requiere un jeep para la Superintendencia y un camión de redilas de 1-1/2 Tons. para uso exclusivo de ese frente, además de:

- 1 Tractor Caterpillar D-4 con pluma lateral para maniobras de la tubería.
- 4 Soldadoras de 200 amperes.
- 2 Tripies con montacargas de 3 Tons.
- 4 Bandas planas de lona.
- 3 Alineadores exteriores.
- 1 Estufa de 758 Lts. para la planta esmaltadora así como una grúa móvil de 5 Tons.

Equipo menor tanto para el trabajo en las calles como en la planta.

EQUIPO MENOR. -

Es conveniente tener de 3 a 4 unidades, de bombas autocebantes para lugares semi-inundados; 6 unidades, de radio-transmisores portátiles para los vehículos; 1 unidad fija para enlazar a las portátiles y otra para llevar -

comunicación con México. Para alumbrado del campamento se necesita una planta de 5 KW y otra igual para trabajos de noche. Es indispensable tener una afiladora para las brocas de barrenación.

VEHICULOS

Vamos a considerar dentro de esta relación, no solamente a los vehículos para servicios generales de la división, sino también a los ya enumerados en el trabajo de línea, con el fin de que esta lista quede completa en cuanto al número de vehículos necesarios.

Jeeps

Superintendencias	5
Taller Mecánico	1
Soldadura	$\frac{1}{7}$

$$\text{Eficiencia 75\% } \frac{7}{0.75} = 9 \text{ unidades}$$

Camionetas Doble Tracción 3/4 Tons.

Reparaciones	1
--------------	---

$$\text{Eficiencia 75\% } 1/0.75 = 2 \text{ unidades}$$

Pick-Ups

Tomaduría de Tiempo	1
Taller Mecánico	1
Sobrestante esmalte	$\frac{1}{3}$

$$\text{Eficiencia 75\% } 3/0.75 = 4 \text{ unidades.}$$

Comandos de doble tracción de 3 Tons.

Movimiento de calderas	1
Protección	1
Movimiento de compresores	<u>1</u>
	3

Eficiencia 75 % $3/0.75 = 4$ unidades

Camión redilas de 1-1/2 Tons.

Compras	1
Trabajos especiales	1
Frente Veracruz	<u>1</u>
	3

Eficiencia 75% $3/0.75 = 4$ unidades

Camión redilas de 5 Tons.

Engrase	1
Soldadura	2
Esmalte	<u>1</u>
	4

Eficiencia 75% $4/0.75 = 5$ unidades

Camión tanque de 5000 Lts.

Para combustible, de doble compartimiento	1
Para agua con un solo compartimiento	<u>1</u>
	2

Eficiencia 75 % $2/0.75 = 3$ unidades

Trailers tuberos de 10 Tons.

(Ya se les consideró eficiencia) 3 unidades

Trailer para transporte de maquinaria

1 unidad

Camiones volteos ligeros de 5 Tons. (3 M³)

3 unidades

Camión de 10 Tons.

1 unidad

Para orientarse debidamente respecto a las necesidades de equipo y vehículos para el trabajo de la división, es conveniente después de haber hecho la elección del equipo, formar un cuadro general como el que podremos observar a continuación en las láminas 8, 9, 10 y 11.

Este cuadro tiene como finalidad primordial, indicar la cantidad de equipo que se va a ir necesitando a medida que progresa la obra, además - de hacer las anotaciones indispensables en cuanto a movimientos internos del equipo para que trabaje en diferentes fases mientras esto sea posible, a fin de no hacer gastos inútiles por causa de una organización inadecuada.

CUADRO DE EQUIPO

Hoja 1

	E	F	M	A	M	J
<u>BRECHA Y CAMINOS DE ACCESO</u>						
Tractor Caterpillar D-8	3	3	2			
Cuchilla de Angledozer	2	2	1			
Cuchilla de Bulldozer	1	1	1			
Arado	1	1	1			
Motoconformadora Caterpillar Modelo 12	1	1	1			
<u>ACARREO DE TUBERIA</u>						
Grúa móvil de 5 Tons.	2	2	2	2		
Tripié con Montacargas de 1-1/2 Tons.	1	1	1	1		
Equipo de Autógena	1	1	1	1		
Biseladora	1	1	1	1		
Gato Hormador para Tubos de 20"	1	1	1	1		
Trailers tuberos de 10 Tons.	2	3	3	3		
<u>DOBLADO DE CURVAS</u>						
Dobladora Hidráulica con Zapatas de 20"	1	1	1			
Tractor Caterpillar D-4 con Pluma Lateral	1	1	1			
Tenaza de 20"	1	1	1			
<u>ZANJA</u>						
Zanjadora Piloto Buckeye Modelo 48	1	1	1			
Zanjadora Grande Buckeye Modelo 312	1	1	1			
Compresores de 600 pcm	3	3	3			
Pistolas Perforadoras	21	21	21			
Comando de 3 Tons.	1	1	1			
Pala con Equipo Retroexcavador de 3/4 Yd ³	1	1	1			
Tractor Caterpillar D-8	1	1	1			
Cuchilla de Angledozer	1	1	1			
Cuchilla de Bulldozer	1	1	1			

CUADRO DE EQUIPO

Hoja 2

	E	F	M	A	M	J
<u>SOLDADURA</u>						
Soldadura de Línea						
Tractor Caterpillar D-7 con Pluma Lateral		1	1	1		
Soldadoras de 200 Amperes		6	6	6		
Camión Redilas de 5 Tons.		2	2	2		
Jeep		1	1	1		
Alineador interior		1	1	1		
Esmeril Portátil con Motor de Gasolina		1	1	1		
Tenaza de 20"		1	1	1		
Cuadrilla de Reparaciones						
Tripié con Montacargas con Capacidad de 7 Tons.		2	2	2		
Equipo de Autógena		1	1	1		
Biseladora		1	1	1		
Soldadora de 200 Amperes		1	1	1		
Alineador Exterior		2	2	2		
Camioneta 3/4 Tons. de doble tracción		1	1	1		
<u>PROTECCION</u>						
Tractor Caterpillar D-7 con Pluma Lateral		3	3	3	3	
Cunas de Rodillos		3	3	3	3	
Máquina Rasqueteadora y Pintora para 20"		1	1	1	1	
Calentadores de 1,500 Litros		4	6	6	6	
Máquina Esmaltadora y Envolvedora para 20"		1	1	1	1	
Comando de 3 Tons. de doble tracción		1	1	1	1	
Camión Redilas de 5 Tons.		1	1	1	1	
Trineo con Lonas		1	2	2	2	
Detector de Fallas		1	1	1	1	

CUADRO DE EQUIPO

Hoja 3

	E	F	M	A	M	J
<u>BAJADO Y TAPADO</u>						
Tractor Caterpillar D-7 con Pluma Lateral	3	3	3	3		
Cuna de Llantas	1	1	1	1		
Bandas Planas de Lona	6	6	6	6		
Tripié con Montacargas con Capacidad de 7 Tons.	1	1	1	1		
Camiones de Volteo de 3 M ³	1	2	2	2		
Tractor Caterpillar D-8	1	1	1	1		
Cuchilla de Angledozer	1	1	1	1		
<u>PRUEBAS PARCIALES</u>						
Compresor de 600 pcm	1	1	1			
Tapas de Junta Dresser	2	2	2			
Camión de 10 Tons.	1	1	1			
Diablo	1	1	1			
Manómetros Portátiles	2	2	2			
<u>TRABAJOS ESPECIALES</u>						
Tractor Caterpillar D-7 con Pluma Lateral	2	2	2	4	5	
Draga			1	1	1	
Camión Redilas de 1-1/2 Tons.	1	1	1	1	1	
Calentador de 758 litros	1	1	1	1	1	
Soldadora de 200 Amperes	2	2	2	2	2	
<u>PRUEBA FINAL</u>						
Bomba Centrífuga					1	1
Diablo					3	3
Bomba de Pistones					1	1
Manómetros Portátiles					2	2

CUADRO DE EQUIPO

Hoja 4

	E	F	M	A	M	J
<u>FRENTE DE VERACRUZ</u>						
Tractor Caterpillar D-4 con Pluma Lateral		1	1	1	1	
Soldadoras de 200 Amperes		4	4	4	4	
Tripies con Montacargas con Capacidad de 3 Tons.		2	2	2	2	
Bandas Planas de Lona		4	4	4	4	
Alineadores Exteriores		3	3	3	3	
Calentador de 758 Litros		1	1	1	1	
<u>EQUIPO MENOR</u>						
Bombas Autocebantes de 3"	1	3	4	4	4	2
Radio-Transmisores Portátiles	4	6	6	6	6	6
Radio-Transmisores Fijos	2	2	2	2	2	2
Plantas de Luz de 5 KW	1	2	2	2	2	2
Afiladora para Brocas		1	1	1		
<u>RELACION TOTAL DE VEHICULOS</u>						
Jeeps	5	9	9	9	8	8
Camionetas de 3/4 Tons. de Doble Tracción		2	2	2	2	2
Pick-Ups	3	4	4	4	4	3
Comandos de 3 Tons. de Doble Tracción		4	4	4	4	2
Camiones Redilas de 1-1/2 Tons.	2	3	3	3	3	3
Camiones Redilas de 5 Tons.	2	5	5	5	3	2
Camiones Redilas de 10 Tons.		1	1	1		
Camiones con Tanque de 5,000 Litros	3	3	3	3	3	3
Trailers Tuberos de 10 Tons.	3	3	3	3		
Trailer para Transporte de Maquinaria	1	1	1	1	1	1
Camiones Volteo de 3 M ³		1	1	1	1	

TERCERA PARTE

CUADRO DE PERSONAL DE OPERACION

A partir de las necesidades de equipo, debe hacerse una lista para conocer el personal de operación en la división:

BRECHA Y CAMINOS DE ACCESO. - Un turno. 2 operadores de tractor y 1 motoconformadorista.

TUBERIA. Un turno. En las estaciones se necesitan: 1 cabo, 4 tuberos para manejar la tubería. - Para el manejo del equipo: 2 operadores de grúa y 3 choferes trailers. En reparaciones: 1 pailero con 2 ayudantes, y 1 soldador con 2 ayudantes.

DOBLADO. - 1 operador de dobladora, 1 operador de la pluma lateral y 2 ayudantes.

ZANJA. - Un turno con zanjadoras y tres turnos con barrenación. 1 operador de zanjadora piloto, 1 operador de zanjadora grande, 9 compresoristas, 63 perforistas, 3 pobladores y 12 cargadores de explosivos, así como 2 operadores de retroexcavadora, 2 operadores de tractor y 2 choferes.

SOLDADURA. - Tres turnos. 9 ayudantes de mecánico esmerilando los biseles, 12 peones limpiando los tubos interiormente, 3 operadores de pluma lateral, 1 sobrestante de soldadura con 1 ayudante, 20 peones manejando polines para descansar la tubería, 3 choferes del camión de soldadura del primer cordón, 3 choferes del camión de materiales y cuadrillas, 3 choferes del jeep que mueve a las soldadoras de los acabadores, --

6 soldadores del primer cordón, 12 soldadores de acabados y 18 ayudantes de soldador. En reparaciones: 1 soldador con 2 ayudantes, 1 paile-ro con 2 ayudantes, 1 chofer de la camioneta de 3/4 de Ton., y 3 peones.

PROTECCION. - Cuadrilla de rasqueteo y pintura: 1 operador de pluma lateral, 1 operador de la máquina rasqueteadora y pintora, 4 peones. --- Cuadrilla de esmalte y envoltura: 2 operadores de pluma lateral, 1 sobrestante, 1 operador de la máquina esmaltadora, 2 choferes de los camiones de personal y materiales, 6 caldereros para manejar los calentadores, 10 peones, 4 parchadores y 2 peones con el detector de fallas.

BAJADO Y TAPADO. - Se usa el mismo equipo y personal de la cuadrilla de esmalte durante las primeras horas de la mañana. El bajado de slack-loops puede ser hecho por la misma cuadrilla del esmalte cuando haya habido suficiente tiempo, para bajar la tubería esmaltada el día anterior. En caso de no tener suficiente tiempo, se dispondrá de una cuadrilla pequeña, compuesta de 1 operador de pluma lateral y 4 peones.

Para el tapado se requieren: 1 operador de tractor y 1 ayudante.

PRUEBAS PARCIALES. 1 sobrestante, 1 compresorista, 1 chofer y 4 peones.

PRUEBA FINAL. - Durante la primera fase o sea el llenado de la tubería se necesitan 2 bomberos (día y noche), 1 sobrestante y 5 peones.

Durante la segunda fase o sea la aplicación de presión dentro de la tubería, cuando ya se ha terminado el trabajo, debe conservarse una cua-

drilla compuesta de: 1 sobrestante, 1 soldador y 5 peones para atender -- las posibles reparaciones que se presenten en tramos de 20 a 40 Kms. Lo anterior quiere decir que dependiendo de las dificultades o facilidades de tránsito a lo largo de la línea, se integrarán dos o tres cuadrillas.

TRABAJOS ESPECIALES. - Deberá integrarse una cuadrilla formada con equipo y personal independientes del resto del trabajo, pero en este caso -- se aprovechará parte del equipo de soldadura y parte del de rasqueteo, -- pintura, esmalte y envoltura; durante los domingos y algunos días entre -- semana en que se suspenda el trabajo normal de parte o de la totalidad de cada fase, dado que los tractores con pluma lateral tienen que ser utili-- zados para mover lingadas muy pesadas.

Independientemente de los 19 choferes que se han contado, son --- necesarios para los demás vehículos de la división, 20 más.

FRENTE DE LA CIUDAD DE VERACRUZ. - Se necesita integrar una cua-- drilla de excavación y tapado a mano compuesta por un sobrestante y 20 -- peones. Una cuadrilla de soldadura compuesta de 4 soldadores y 4 ayu-- dantes. Una cuadrilla de parcheo compuesta de 4 peones. Una cuadrilla de protección compuesta de 1 sobrestante, 2 caldereros, 6 rasqueteadores, 6 esmaltadores y 1 operador de grúa que trabajarán en la planta esmalta-- dora.

CUARTA PARTE

PLANEAMIENTO DE LA OPERACION. - Este concepto se refiere en definitiva, a la estrategia que deberá seguirse al atacar cualquier obra; estrategia que variará completamente de un trabajo a otro, ya que está definida esencialmente por la situación general de la obra, interviniendo también la manera como se formularon los programas de construcción.

El oleoducto Angostura-Veracruz atraviesa tres ríos caudalosos que son: el Río Blanco que cruza junto a la población de Madereros, el Río Cotaxtla próximo a la población de Paso del Toro y el Río Jamapa cruzando a un lado de la población de Medellín.

Esta situación impuso la necesidad de dividir la línea en cuatro tramos: el tramo Angostura-Río Blanco (19.500 Kms.), el tramo Río Blanco-Cotaxtla (36.000 Kms.), el tramo Río Cotaxtla-Río Jamapa (4.000 Kms.) y el tramo Río Jamapa-Veracruz (16.250 Kms.). (Fig. 4)

Desde el punto de vista operativo, el tramo más accesible y a la postre el de mayor rendimiento, fué el de Río Blanco-Río Cotaxtla, por ser el de mayor longitud y por haber tenido accesos fáciles a la línea.

El primer centro de operación, se estableció en la población de Piedras Negras atacándose desde ahí el tramo Angostura-Río Blanco y el tramo Río Blanco-Río Cotaxtla.

Debido a la presencia del Río Cotaxtla, surgió la necesidad de cambiar de centro de operación hacia la población Medellín, desde donde se finalizó la construcción.

LOCALIZACION DE LOS RIOS Y CENTROS DE OPERACION

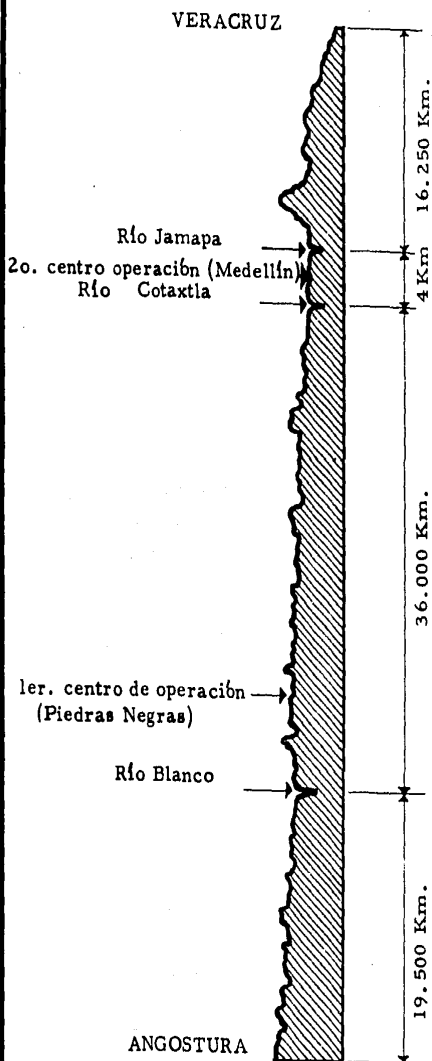


Figura 4

Como ya hemos mencionado en ocasiones anteriores, se creó un frente de trabajo en la población de Veracruz habiéndosele dejado trabajar en seis kilómetros mientras la línea atravesó setenta; la razón primordial para su creación fué la dificultad de transitar con equipo pesado en zonas urbanizadas.

Los suministros de combustibles y lubricantes a la línea, se hicieron desde la ciudad de Veracruz, transportándose en pipas acondicionadas para ello con dos compartimentos, uno para el transporte de gasolina y el otro para el transporte de aceite diesel.

Por otra parte, para lograr resultados inmediatos en el desarrollo de la construcción de un oleoducto, se necesita una concentración en muy corto plazo, de todos los elementos necesarios para integrar la División, ello es debido a que el tiempo de preparación para iniciar las operaciones, se reduce considerablemente en relación con cualquier otro tipo de obras.

Debido a la gran cantidad de equipo que se utiliza y al corto plazo de ejecución, es necesario el planeamiento adecuado en lo referente a los talleres y almacenes.

Con respecto a los primeros, es indispensable su funcionamiento correcto, ya sea para el mantenimiento y engrase de las máquinas y vehículos, así como para sus reparaciones. Para la lubricación se constituyó un equipo portátil, consistente en montar sobre un camión de redilas, ---

tanques con grasa con todo el equipo de lubricación y engrase incluyendo un compresor. Este camión se desalojaba continuamente a lo largo de la línea, ayudando así eficientemente a la conservación del equipo. El jefe de engrasadores llevaba además un control de las horas efectivas de trabajo de cada máquina, con el fin de saber el momento adecuado para su lubricación, cambios de filtro y de aceite, e inclusive servía de inspector, ya que al observar alguna deficiencia en las máquinas, estaba obligado a informarla.

Las reparaciones menores se efectuaron en la línea, contando para ello con un jefe de turno y mecánicos clasificados para mantenimiento del equipo que está en producción y para pequeñas reparaciones; divididos a su vez en mecánicos especializados, en equipo pesado y en equipo ligero. Del equipo pesado se subdividían en especialidad para palas, tractores y equipos de aire comprimido, y en equipo ligero existían especialistas en vehículos y equipo auxiliar como revolvedoras, malacates, bombas, etc.

Para las reparaciones mayores, se contó con un taller central debidamente equipado con un taller de aparatos en el que se montaron tornos, taladros de columna, seguetas, grupos de esmeril fijo, portátiles y taladros eléctricos portátiles. Un taller de soldadura con una planta de soldadura eléctrica de 300 amperes con motor de gasolina y equipos de soldadura autógena. Un taller eléctrico con un rectificador para carga de baterías, un probador de armaduras y aparatos de medición y comproba-

ción necesarios. Un taller de reparación de equipo pesado en el que se --
contó con herramientas especialmente fabricadas para la marca del equipo
utilizado y un taller de reparación de vehículos; además de lo mencionado
se tenía para estos talleres gatos hidráulicos con capacidad de 30 tonelaa--
das y varios de distinto tonelaje y una máquina lavadora con vapor, para -
el equipo que llegaba del campo para su reparación. Para las herramien--
tas especiales como terrajas, machuelos, brocas, compases, micróme---
tros, etc., se instaló un almacén especial.

Vamos a hacer mención de un sistema específicamente concebido -
para evitar grandes pérdidas de tiempo en la operación del equipo y asegu--
rar una reparación correcta de él. Este consistió en proveer a la División
de una cantidad determinada de motores, cajas de velocidades, distribui--
dores de corriente, marchas, generadores, gobernadores, bombas de in--
yección, magnetos, embragues de mandos finales, incluso discos de em---
brague y cinchos de frenos, etc., así fué como se evitaron las reparaciones
en el campo de estos "conjuntos", con el simple recambio de los mismos,
los cuales eran reparados también en el taller central de la División.

Existió la excepción hecha a los motores, los cuales para su repaa--
ración general fueron enviados, como se hace por regla general, al taller -
central de México, por contar este con elementos y equipo adecuados para
ello, entre los cuales podemos anotar de una manera muy especial, el ----
dinamómetro de prueba y el laboratorio de bombas de inyección de diesel.

En cuanto a los almacenes y su control, debemos decir que de --- ellos depende en un porcentaje muy alto, el éxito en la operación de una -- obra, por lo que deberán estar protegidos adecuadamente para cualquier - emergencia que pudiera destruirlos, ya que aunque se tuvieran asegurados, las pérdidas que sobrevendrían al paralizarse la división, serían incalculables, pues especialmente tratándose de equipo pesado, es sumamente --- difícil volver a reintegrar grupos de refacciones y accesorios inmediata--- mente, puesto que la gran mayoría son artículos de importación. Los al-- macenes trabajan también con productos explosivos como las dinamitas y - combustibles, a los cuales deberá buscárseles un lugar adecuado para su - almacenaje, adecuado en cuanto a su alejamiento de zonas pobladas y a lugares desde los que se les podría inferir algún daño. Podemos mencionar el hecho de que ondas de alta frecuencia en aparatos transmisores pueden - hacer explotar a larga distancia los estopines eléctricos que se encuentran en los polvorines, por lo tanto deberán consultarse unas tablas como la de la figura 5 que en función de la potencia en las transmisiones, nos marcan las distancias mínimas que deben separar a estos polvorines de los --- centros de transmisión; esto se aplica especialmente en construcción, a -- las estaciones de radio de que generalmente están provistas las divisiones, así como sus radio-transmisores portátiles en los vehículos.

Potencia Transmisor (Watts)	Distancia Mínima al Polvorín metros
5 - 25	30
25 - 50	45
50 - 100	66
100 - 250	105
250 - 500	135
500 - 1000	195
1000 - 2500	300
2500 - 5000	450
5000 - 10000	660
10000 - 25000	1050
25000 - 50000	1500
50000 - 100000	2100

Figura 5

En la construcción de este oleoducto y en el capítulo referente a los almacenes, se establecieron unos programas de refacciones para evitar retardos en el proceso de reparación del equipo, estos programas son llamados de "máximos y mínimos" y establecen las cantidades precisas de existencias en el almacén con que debe contar la División en todo momento; considerando que la cantidad máxima garantiza no tener refacciones en exceso y la segunda, garantiza la existencia mínima para cualquier reparación necesaria.

Estos programas están basados en los estudios estadísticos realizados anteriormente por la Empresa y se encuentran en relación directa con el número de máquinas empleadas en la obra.

Este mismo sistema fué utilizado también en lo que respecta a materiales de consumo ordinario, como son: empaquetaduras, pegamentos, -

grapas, mangueras para radiador, graseras y conexiones; material eléctrico y varios, líquido para frenos, parches calientes, centros de válvula, carbón de piedra, estopa, tela esmeril, metal babbit, bronce sólido y hueco, soldadura en carrete y de estaño, materiales para soldadura autógena y eléctrica, tornillería en general, cables de acero de diámetros y especificaciones apropiados para el equipo, etc.

Para un control adecuado de la Superintendencia General hacia las Superintendencias de Campo, personal de maquinaria y personal administrativo, y acrecentada la necesidad por las grandes distancias que separaban los distintos centros de operación, se instaló un equipo de radio-transmisores en los vehículos utilizados por estas personas, la central de esta red se estableció en las oficinas generales de la División primero en ---- Piedras Negras y después en Medellín, haciendo posible de esta manera una comunicación directa, tanto de vehículo a vehículo, haciendo enlaces inclusive a través de la central, cuando la distancia entre ambos era muy grande, como de un vehículo determinado a las oficinas de la División. -- Debe mencionarse la positiva economía y facilidad que representó el uso de este sistema, el cual permitió solucionar los diferentes problemas de trabajo, bajo condiciones poco comunes de rapidez y precisión necesarias en cualquier construcción, pero de una manera muy especial en este tipo de obras, cuya principal dificultad son las separaciones tan grandes entre diferentes núcleos de trabajo. Además de la intercomunicación dentro de

la línea, se pudo mantener comunicación directa por medio de otro equipo radio-transmisor, con las oficinas centrales en México, logrando así la facilidad de enlace.

Para un control adecuado de los consumos y rendimientos del equipo asignado a cualquier trabajo, es conveniente llevar unas hojas de control como las que se muestran en las láminas 12 y 13 de las cuales pueden sacarse todos los datos que se requieren no solamente para llevar un control, sino también para servir de guía en trabajos futuros al deducir, con gran aproximación, los costos que se van a tener en cuanto a la operación de este equipo.

HOJA DE CONTROL DE EQUIPO # 1

No. Económico _____ Fecha _____ Obra _____
 Máquina _____ Modelo _____

CONSUMOS

Gasolina	Diesel	Grasa	Aceite motor	Aceite Trasmisión	Varios
\$	\$	\$	\$	\$	\$

OPERACION

Operadores (Sueldo base)	Operadores (Honorarios extras)	Ayudantes	Varios
\$	\$	\$	\$

MANTENIMIENTO

Horas de Mecánicos de turno	Horas de Engrase	Horas de Varios
\$	\$	\$

REPARACIONES

Horas de taller	Horas-Mecánico en reparación	Transporte al taller	Refacciones

RECORDS DE OPERACION

Tiempo efectivo	Tiempo ocioso	Tiempo engrase	Tiempo reparación menor
	Causa:		Causa:

HOJA DE CONTROL DE EQUIPO # 2

DATOS DE RENDIMIENTOS

Hectáreas desmontadas	M ³ movidos a una -- distancia promedio -- de _____ Mts.	M ³ excavados con un -- ángulo de giro prome-- dio de _____
Obs.	Obs.	Obs.

Metros cuadrados afinados	Metros cuadrados compactados	Metros lineales barrenados	Metros cúbicos de producción de con- creto ó aire com-- primido a _____ lbs/pulg. ²
Obs.	Obs.	Obs.	Obs.

Metros cúbicos de producción de agre- gados	Kilómetros de avance lineal	Tonelaje movido a una dis- tancia promedio de _____ Kms.
Obs.	Obs.	Obs.

Deben saberse por anticipado, los datos del costo de una hora de taller y de una hora de mecánico; estos son obtenidos de la siguiente forma:

$$\text{Costo hora taller} = \frac{\text{Amortizaciones} + \text{Depreciaciones} + \text{Intereses} + \text{Gastos de pequeños materiales, etc.}}{\text{Número horas efectivas de mecánico}}$$

(No incluye refacciones)

$$\text{Costo hora mecánico} = \frac{\text{Salarios mensuales de todo el personal del taller}}{\text{Número horas efectivas de mecánico}}$$

Debido a que no redundarán en ningún beneficio positivo, no es necesario llevar un control ciento por ciento preciso en cuanto al costo del personal dedicado a la reparación de una máquina, ya que el llevar un control de este tipo, significaría un problema. Es por esto que se pensó en establecer como base para el costo de la reparación del equipo en el taller, la "hora-mecánico".

Es desde luego muy laborioso llevar un control diario de todo el equipo pesado de construcción, pero los beneficios que de ello se derivan ameritan tener personal dedicado exclusivamente a ello.

QUINTA PARTE

CUADRO DE ORGANIZACION

Antes de hablar en términos generales del cuadro de organización (Lámina 14), debemos hacer mención especial a las bases fundamentales que rigen la organización de cualquier división en construcción. Es el Superintendente General de una división, la persona que tiene a su cargo el control absoluto dentro de la misma en todos los aspectos que se pueden presentar durante el período de construcción. Desde las oficinas centrales de México, el cuerpo directivo que está en ellas, concentra toda su atención en orientar el desarrollo de los trabajos de la división ayudando para el buen resultado de los mismos; pero siempre será el Superintendente General, el directamente responsable dentro de su división. Este cuerpo directivo de la central México, está compuesto por la Gerencia General, de la que depende por un lado la Gerencia de Construcción y por el otro la Gerencia de Maquinaria; la primera de ellas orienta al Superintendente General, dentro de los problemas de su división según las normas generales establecidas por la Empresa, a través de un Jefe de Construcción que sin residir en la obra, efectúa visitas periódicas a la misma, con instrucciones directas de esta Gerencia y a la vez sirve como enlace entre ésta y el Superintendente General.

La función específica de la Gerencia de Maquinaria, es la de coordinar los servicios de todo el equipo que está repartido en las diferentes -

divisiones de construcción, pero especialmente sirve como orientación en los problemas técnicos de cada una de las divisiones dentro del ramo de maquinaria; para lograrlo tiene directamente bajo sus órdenes a un inspector que también efectúa visitas periódicas a la división, solucionando los diferentes problemas que en ella se tengan y sirviendo como asesor técnico para lograr una perfecta operación del equipo de construcción.

El Superintendente General dentro de la división, cuenta con un cuerpo auxiliar para ayudarlo dentro de sus funciones: en el aspecto de construcción, tiene a sus órdenes a una o varias Superintendencias de Campo; para todas las funciones administrativas, cuyos problemas son algunas veces muy complejos, cuenta con un administrador general y para el control del equipo tiene a su cargo a un Intendente de Maquinaria.

En el caso que nos ocupa, hubo la necesidad de crear cuatro Superintendencias de Campo, de tal manera que cada una de ellas, abarcara un cierto número de fases, cuya proximidad o bien cuyas condiciones de operación, fueran tan especiales que merecieran la atención de un Superintendente especial.

A la primera Superintendencia le estuvieron asignadas las fases de la brecha, caminos de acceso, zanja y tendido de la tubería debido a su proximidad unas con otras y a que prácticamente toda su energía debería concentrarla en la apertura de la zanja ya que las otras con un control apropiado, podían ir trabajando prácticamente solas.

La segunda Superintendencia se encargó del doblado de las curvas, de la soldadura y de la preparación de obras especiales; fué planeado de esta manera para poder tener una atención especial en el aspecto de la soldadura, factor importante para lograr una obra de calidad. En cuanto a la iniciación de obras especiales, estas se iban haciendo al mismo ritmo que corría la soldadura, utilizando prácticamente plantillas iguales de equipo y personal; de esta manera se pudo llevar un récord en cuanto a calidad de soldaduras y avance de las mismas por una sola persona.

A la tercera Superintendencia se le encargó el trabajo más delicado de toda la obra, que consistió en la protección de la tubería por medio del rasqueteado, pintado, esmaltado y envoltura de la misma, así como el bajado y tapado; desde luego salta a la vista la razón por la que fué creada, gracias a lo cual se pudo terminar este trabajo lográndose una perfecta calidad en el proceso.

Previendo las dificultades propias de una construcción que atraviesa por zonas urbanizadas y que imposibilitan el uso de equipo pesado y teniendo por ello que trabajar a un ritmo completamente diferente al utilizado en las operaciones de campo, se creó la Superintendencia número cuatro, asignada exclusivamente a efectuar seis kilómetros dentro de la ciudad de Veracruz, mientras el trabajo de línea se desarrollaba a lo largo de 70 kilómetros. Contó esta Superintendencia con una planta esmaltadora fija, donde se procedía a proteger su tubería, teniendo que recurrir a métodos

manuales de trabajo en todas las fases, excepción hecha del acarreo y ---
doblado de tubos, que le fueron así suministrados desde fuera.

Esta Superintendencia terminó sus trabajos al dejar lista la válvu-
la para conectar a los tanques de almacenamiento que Petróleos Mexicanos
tiene instalados en ese Puerto.

Cada una de estas Superintendencias, contó desde luego para cada -
una de las fases, con un sobrestante, cabos, personal especializado, ope-
radores calificados para equipo pesado y peones.

Las tres Superintendencias dentro de la línea, se encargaron de ---
terminar las obras especiales iniciadas por la Superintendencia número --
dos y fué hasta que se empezó la prueba final de la tubería, cuando entra--
ron a trabajar juntas las cuatro Superintendencias de Campo.

Bajo las órdenes directas del Superintendente General, estuvo un ---
Jefe de Transportes que trabajando en armonía con el Intendente de Maqui--
naria, se encargó del control, engrase y mantenimiento de los vehículos ---
dentro de la división, asegurando así un eficiente servicio de los mismos.

El renglón correspondiente a los abastecimientos en general, a la -
obra, fueron controlados directamente por el Superintendente General, así
como el sistema de radio-transmisión.

En el aspecto relativo a maquinaria, hemos hablado extensamente -
en la parte correspondiente al planeamiento de la operación.

Al Administrador General, le estuvieron encomendados los puntos

relativos a los almacenes de los que ya se habló, los tomadores de tiempo, las compras locales, el departamento de costos, de personal, la caja, los servicios médicos, campamentos y comedores.

Referente a estos cuatro últimos no es mucho lo que hay que decir, pues ellos solos se explican, sirvieron en realidad, para dar un servicio eficiente a todo el personal que integró la división.

Los tomadores de tiempo son esenciales en cualquier construcción pues son los encargados de llevar un control de producción tanto del personal como de las horas efectivas y muertas del equipo en producción; datos que son enviados al departamento de costos, en el que debe llevarse un registro en cuanto a los costos reales y rendimientos en la obra.

Un asunto sumamente importante que también llevó el departamento de costos de la división, fué el control de gastos de consumo y reparación del equipo y vehículos, así como el de su mantenimiento y rendimiento dentro del trabajo de línea, mediante las hojas de control que se mostraron en las láminas 12 y 13 pudiendo tenerse al día a cada máquina en cuanto a su aspecto económico para poder deducir en un momento determinado si es económicamente operable o no, según los costos que resultaban de estos análisis.

El renglón correspondiente a compras locales que estuvieron a cargo del departamento administrativo, no debe confundirse con los abastecimientos a la división, que estuvieron controlados por el Superintendente --

General, pues mientras estos se referían esencialmente a refacciones, - combustibles, materiales, personal y equipo, los primeros eran solamente pequeñas compras y suministros para los servicios internos de la división.

En el departamento de personal, se llevó un archivo con todos los datos necesarios tales como rendimiento y aptitudes de los operadores y personal especializado, para poder establecer una calificación dentro de su categoría y hacer posible una selección posterior en cualquier obra.

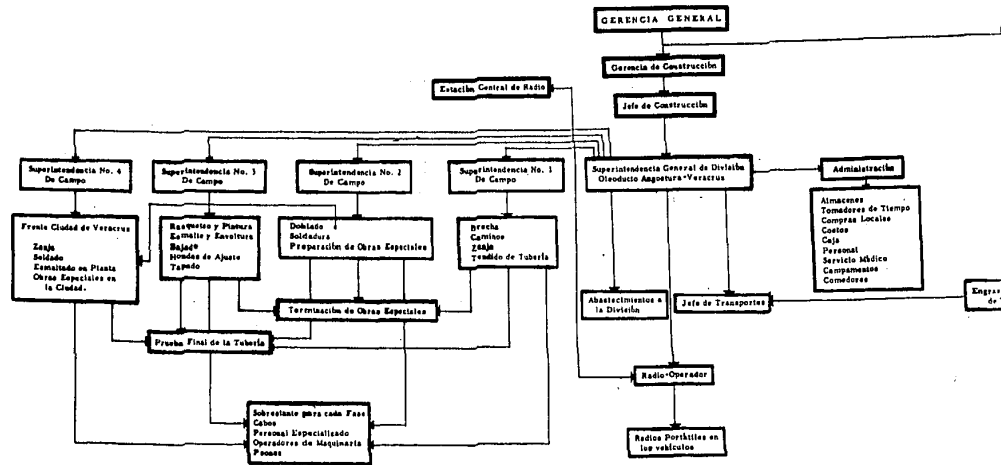
INFORME TECNICO DE LOS METODOS DE CONSTRUCCION Y EQUIPO UTILIZADOS EN EL OLEODUCTO "ANGOSTURA-VERACRUZ, ASI COMO LOS QUE SE UTILIZAN EN LAS PRACTICAS MODERNAS DE CONSTRUCCION. -

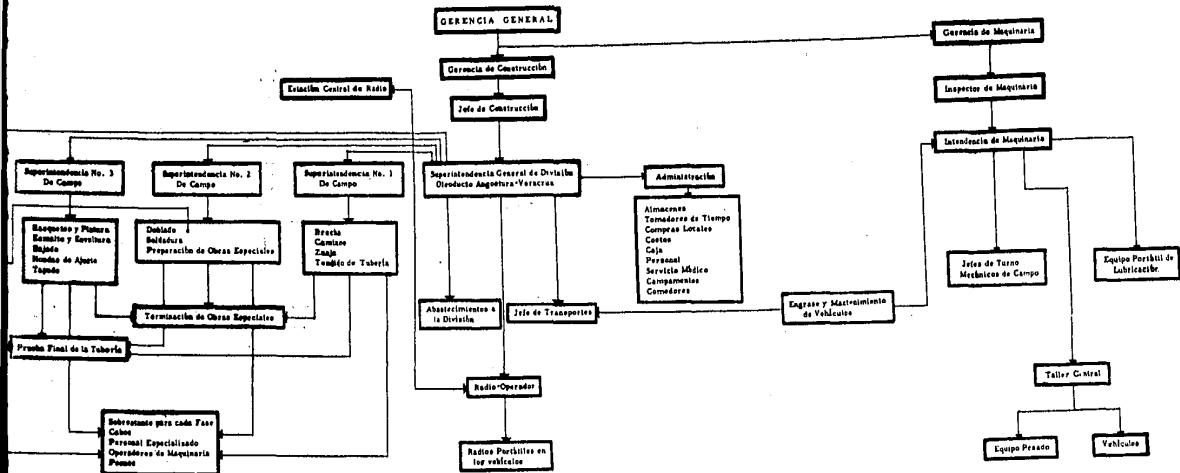
BRECHA Y CAMINOS DE ACCESO. - La zona por la que se cruzó durante la construcción del oleoducto, se caracteriza por una vegetación geográficamente catalogada como Sabana, en la cual abundan gran cantidad de matorrales, que constituyen lo que comunmente es llamado "monte bajo", así como árboles y palmeras característicos de la región, cuyos troncos no tienen por lo general, más de 40 cm. de diámetro. Excepcionalmente y sobre todo cerca del campo de Angostura, se encontraron árboles de altura y diámetro mayores, que fueron los que ofrecieron la mayor resistencia para la apertura de la brecha.

Para la ejecución de este trabajo, se usó como en casi toda la obra equipo pesado, habiéndose llegado a la conclusión de utilizar tres tractores Caterpillar Modelo D-8 (Fig. 6), equipados dos de ellos con angledozer y el otro con bulldozer, retirando uno de los primeros ya para concluir la brecha y proceder al tapado de la tubería.



Figura 6





Es interesante dentro de las características generales de este tipo de máquinas, anotar en el siguiente cuadro los esfuerzos de tracción que pueden desarrollar trabajando con toda su potencia, datos que son de utilidad cuando se planea cualquier desmonte

ESFUERZOS DE TRACCION					
Durante las pruebas de fábrica				Con sobrecarga	
Vel.	KPH	Lbs.	Kgs.	Lbs.	Kgs.
1a.	2.73	28.700	13.058	31.600	14.378
2a.	3.68	21.300	9.691	23.400	10.647
3a.	4.49	16.800	7.644	18.400	8.372
4a.	5.91	12.600	5.733	13.850	6.300
5a.	7.68	9.550	4.345	10.500	4.777

Para poder tener una idea general de los rendimientos que nos --- pueden dar diferentes tipos de máquinas en desmontes, se puede recurrir a una tabla general lograda a base de experiencia en estos trabajos como es la que se anota a continuación:

Pendiente del terreno		Area posible por desmontar (M2)			
		37-43 HP	57-65 HP	80-85 HP	120-130 HP
o	%	M2/hr	M2/hr	M2/hr	M2/hr
5	9	360	420	570	705
10	18	198	240	324	390
15	27	135	156	210	255
20	36	99	114	150	195
25	47	72	84	114	138
30	58	54	63	90	108

La justificación de usar un tractor con bulldozer, reside en el procedimiento que siguen los operadores para tumbar los árboles, consistente en cortar sus raíces hundiéndolo la cuchilla de la máquina por debajo del tronco, quedando así en posibilidad de derribar el árbol con solo levantar la cuchilla, o bien, haciendo una excavación de un lado del tronco y un terraplén por el otro, al cual sube el tractor, logrando tener así un brazo de palanca mayor para derribarlo (Fig. 7)

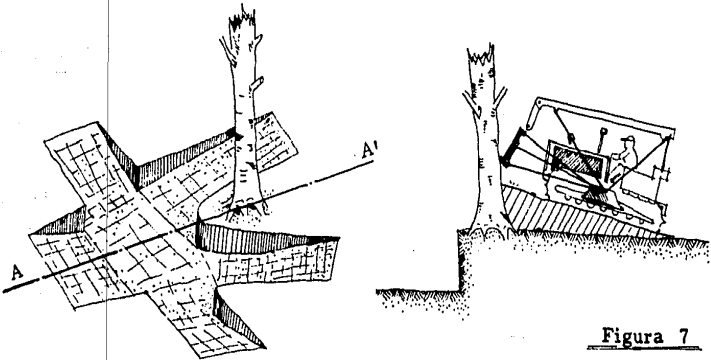


Figura 7

Los otros dos tractores, se equiparon con angledozer cuya ventaja puede resumirse, en el hecho de que al tener la cuchilla de empuje girada respecto a la horizontal, son capaces de efectuar los cortes necesarios a la maleza y al terreno, y al mismo tiempo desalojar este material hacia un lado, como puede observarse en la siguiente figura: (8)

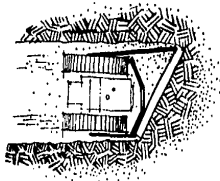


Figura 8

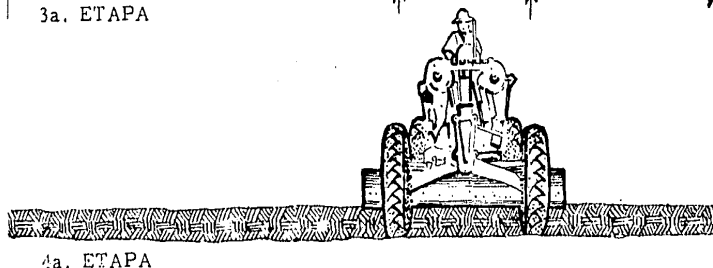
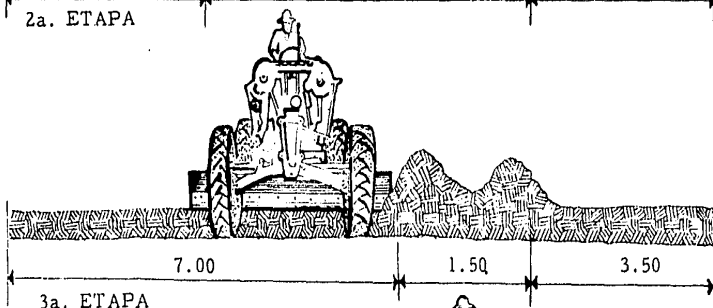
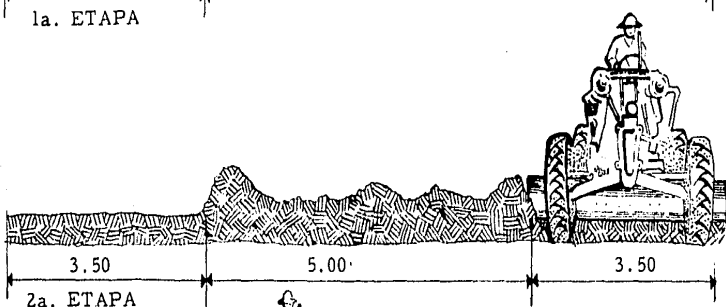
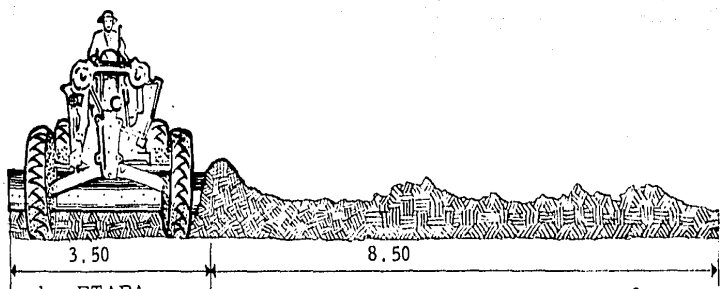
Otro procedimiento que da resultados bastante satisfactorios, es el que consiste en colocar dos tractores separados a una distancia que fluctúa alrededor de los 100 metros y unirlos por su parte trasera con un cable de acero de suficiente capacidad para que, al empezar a moverse paralelamente, la fuerza de tracción que desarrollen y que es transmitida al cable, haga que éste arranque la maleza y árboles que encuentre a su paso. Para evitar que el cable se levante del suelo y que por esta razón queden algunos árboles en pie, es conveniente adicionarle al centro una esfera hecha con planchas de acero y con un diámetro aproximado de dos metros, a la cual se le permite girar al desplazarse y con su peso, ayuda eficientemente a que el cable corte todo lo que encuentre a su nivel. (Ver

Fig. 9)



Desde luego, estos métodos tienen un límite en cuanto al diámetro de los árboles que han de tirarse, magnitud que oscila alrededor de los 30 cms. por término medio en aquellos cuyas raíces no estén ni muy ---- arraigadas, ni muy sueltas. Para este último caso es posible que una -- máquina logre tirar con absoluta facilidad árboles cuyo diámetro llegue a más de un metro, y existirán casos en que las raíces estén tan bien ----- arraigadas y sea tan flexible que un árbol de 10 cms. de diámetro no pueda ser tirado. Para esta última condición conviene usar sierras de mano movidas con motor de gasolina, para cortar con facilidad y dejar sola--- mente los troncos que después son arrancados mediante un cable con - un gancho en la punta, jalado por el tractor; inclusive se ha logrado ---- observar, que al seguir este procedimiento en cualquier tipo de vegetación por desmontar, casi se eleva al doble el rendimiento de los tractores. La razón es que el operador de la máquina, entra confiado a desmontar algunos lugares que no le ofrecen peligro, ya que el atacar directamente a los árboles de altura considerable, lo hace con mucha precaución bajando --- notablemente su rendimiento.

Ya para la nivelación de la brecha y caminos de acceso, se usó el equipo más adecuado que es una motoconformadora, siguiendo el procedimiento siguiente . (Fig. 10)



CONFORMACION DE UNA PLANTILLA DE 12 METROS

Figura 10

La motoconformadora, es una máquina que puede tener una gran cantidad de aplicaciones sobre todo en caminos; una de las principales es la que hemos observado anteriormente y que consiste en afinar las terracerías que dejan intransitables los tractores después de su trabajo de desmonte y brecha. Para ello cuenta esta máquina con una cuchilla, cuya dimensión es aproximadamente de 3.50 mts. y es capaz de desalojarse lateralmente para lograr mayor alcance, pudiendo también revolver mezclas asfálticas. Otra propiedad de la cuchilla es que puede inclinarse a unos ángulos muy grandes hasta llegar a la vertical, con lo cual está en posibilidad de hacer taludes y cunetas. Estas máquinas cuentan además con unos dientes llamados escarificadores, cuya principal finalidad es servir como arado para levantar pavimentos o suelos duros; es factible adaptarles unas cuchillas frontales muy amplias para poder barrer nieve.



DISTRIBUCION, BAJADO, ACARREO Y TIRADO DE LA TUBERIA. Para la distribución de la tubería a lo largo de la línea, Petróleos Mexicanos - fué situando en ciertas estaciones del ferrocarril Tierra Blanca-Veracruz que corre paralelo al oleoducto, cantidades de tubería determinadas por - la zona de influencia de cada estación escogida, como puede verse en el - plano No. 1.

Estas zonas de influencia fueron localizadas a partir de las medi-- das aritméticas entre estaciones adyacentes, excepción hecha de la pobla-- ción de Madereros, la cual por encontrarse a un lado del Río Blanco, solo se le asignó una cantidad igual a la distancia media entre el campo de An-- gostura y esta población, ya que si se hubiera procedido como en las de-- más, hubiera habido necesidad de transportar esta tubería nuevamente en góndolas de ferrocarril para atravesar el puente sobre el río. En igual - situación teórica se encontraban los ríos Jamapa y Cotaxtla, pero debido - a la circunstancia particular de no encontrarse ninguna estación entre es-- tos dos ríos, se dejaron las cantidades de tubería necesarias para su zona de influencia aritmética, habiéndose transportado después a la línea a tra-- vés de carretera eliminándose la necesidad de atravesar puentes de ferro-- carril.

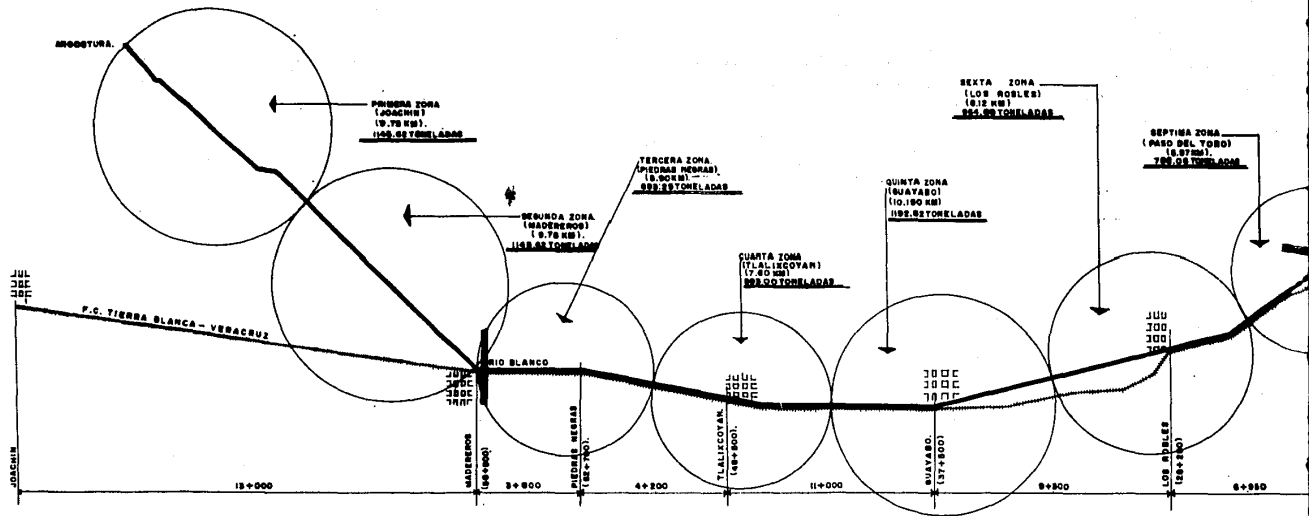
Para formarnos una idea mas clara de la magnitud del transporte de esta tubería a la línea, vamos a recurrir al siguiente cuadro basado en el peso de la misma. (Fig. 11)

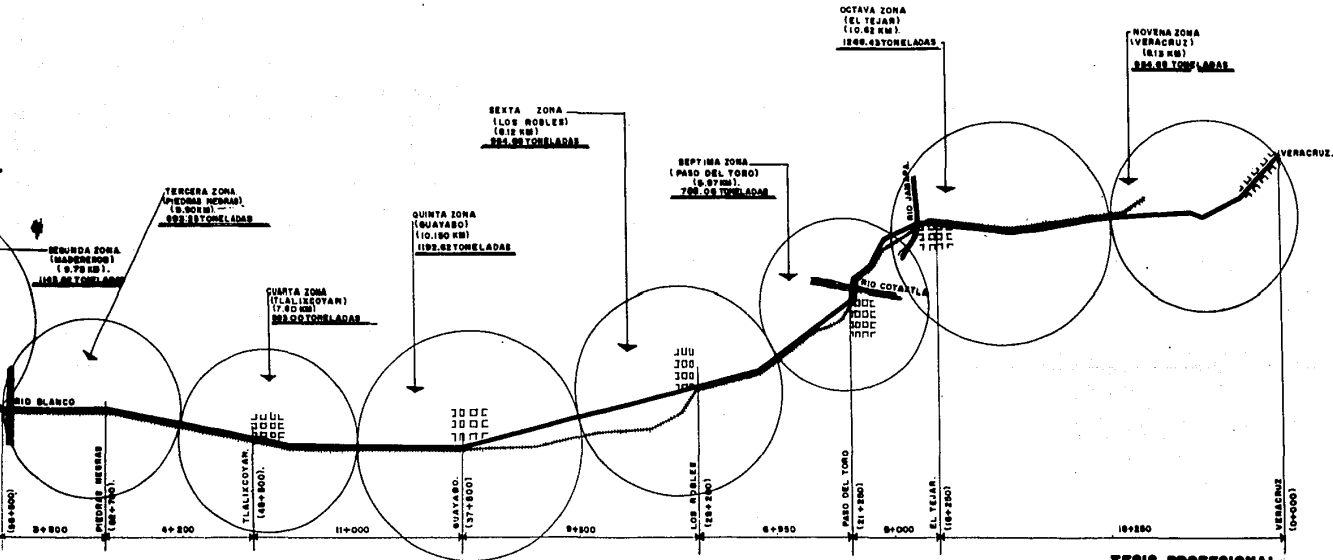
Estación	Kilometraje sobre la vía del F. C.	Kms. de tubería - dejados.	Cantidad de tubos	Peso Tons.
Veracruz	0	8.125	706	954.68
El Tejar	20	10.625	924	1248.43
Paso del Toro	25	5.975	519	702.06
Los Robles	33	8.125	706	954.68
El Guayabo	41	10.150	882	1192.62
Tlalixcoyan	52	7.600	661	893.00
Piedras Negras	56	5.900	513	693.25
Madereros	59	9.750	848	1145.62
Joachín	72	9.750	848	1145.62

Figura 11

El tonelaje acarreado, como podemos apreciar fué considerable, - ya que observando los programas de trabajo, hubo necesidad de mover --- hasta 23 kilómetros de tubería en un mes, es decir, 2000 tubos pesando -- 2720 toneladas, las cuales suponiendo 25 días hábiles, se dividieron en 109 toneladas diarias representadas por 80 tubos (aproximadamente 900 mts. de línea).

La maniobra se hizo descargando los tubos de las góndolas del fe-- rrocarril mediante una grúa motorizada (en este caso un tourna-crane), el cual colocaba los tubos sobre los trailers tuberos cuya capacidad era de -- 10 toneladas o sean 7 tubos. (Ver Fig. 12)





TESIS PROFESIONAL
RAFAEL ABURTO VALDES
PLANO No. 1

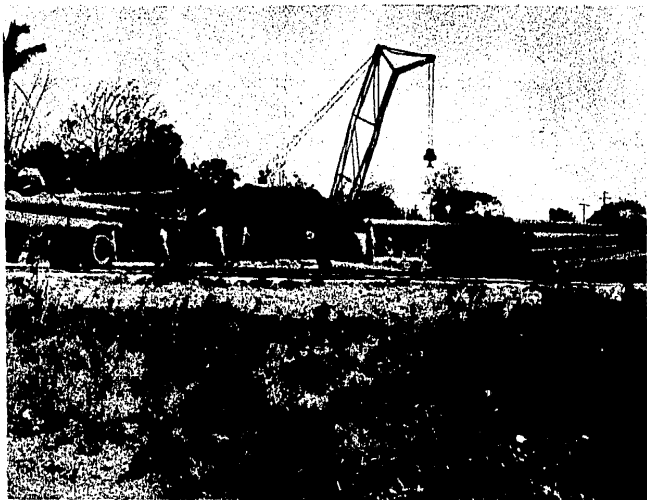


Figura 12

Hubo necesidad de tener en las estaciones un equipo de reparación por los desperfectos que sufrieron los tubos durante su transporte, además de que hubo algunos puntos en donde se encontró que Petróleos Mexicanos ya había procedido de antemano a descargarlos.

Este equipo consistió esencialmente en un trípode con montacargas con capacidad de 1-1/2 toneladas a fin de poder maniobrar los tubos, un gato hormador para levantar las abolladuras que pudieron tener, tanques de oxígeno y acetileno con todos los aditamentos necesarios para efectuar cortes a tubos cuyos desperfectos fueron tan considerables que no pudieron arreglarse y para estos casos se tenía también una biseladora para tubos de 20" (Ver Fig.13)

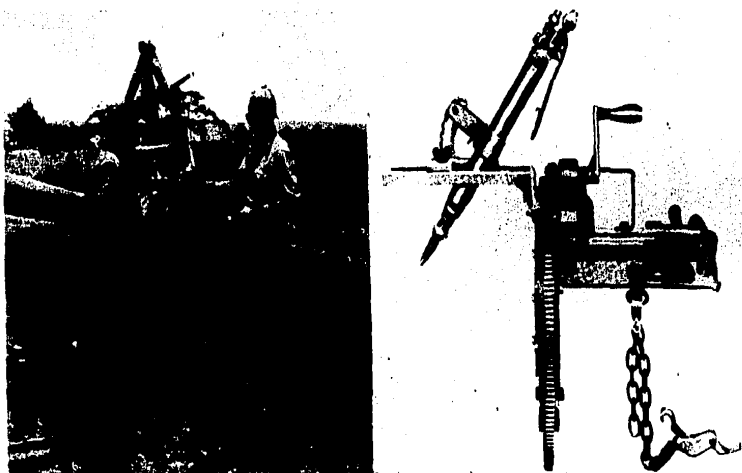


Figura 13

Esta máquina trabaja con un soplete de oxígeno y acetileno el que --
manualmente es movido para hacerlo girar alrededor del tubo y de esta --
manera proceder a efectuar los biseles necesarios.

Ya para bajar los tubos a la línea se usó una pequeña grúa de 5 to--
neladas montada en ruedas neumáticas.

En general esta fase se desarrolló sin mayor dificultad, debido a --
las cortas distancias de acarreo por correr la línea paralela al ferrocarril,
pudiendo cumplirse así lo programado y a su debido tiempo. El problema --
se complica cuando se tienen grandes distancias de acarreo, ya que deberá
programarse cuidadosamente el equipo necesario para no fallar en el su--
ministro de tubería, lo cual lógicamente haría que prácticamente se para--
lizaran los trabajos.

DOBLADO DE CURVAS. - Para esta fase que no representó un problema dentro del desarrollo de la construcción, se utilizó una máquina dobladora como la que puede apreciarse en la figura 14 . -

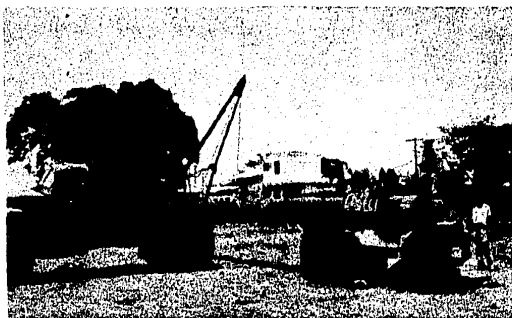


Figura 14

Esta máquina opera a base de unas zapatas que son movidas con unos gatos hidráulicos operados con la ayuda de un motor de gasolina. - El método seguido, consistió en hacer unas pruebas a partir de las cuales pudo deducirse el golpe máximo que podía ser dado en un mismo lugar, a fin de que no se "chupara" la tubería. - El resultado fue $1^{\circ} 30'$ en tramos de 0.80 mts., que es la longitud de cada una de las zapatas, pudiendo lograrse por lo tanto curvas de una deflexión de $19^{\circ} 30'$ por cada tubo de 11.60 mts. de longitud. - La razón de proceder de éste modo, - fue para que empleando el radio mínimo, se evitaran curvas de longitudes grandes en donde tuviera que emplearse mas de un tubo. -

A fin de no permitir que fueran a inducirse esfuerzos a la tubería

por el trabajo de deformación desarrollado por la misma, se reguló la ve
locidad de doblado a 60 cms. por minuto , según especificaciones de Petrole
leos Mexicanos .-

Un esquema del fucionamiento de ésta máquina puede ser observado
en la figura 15 .-

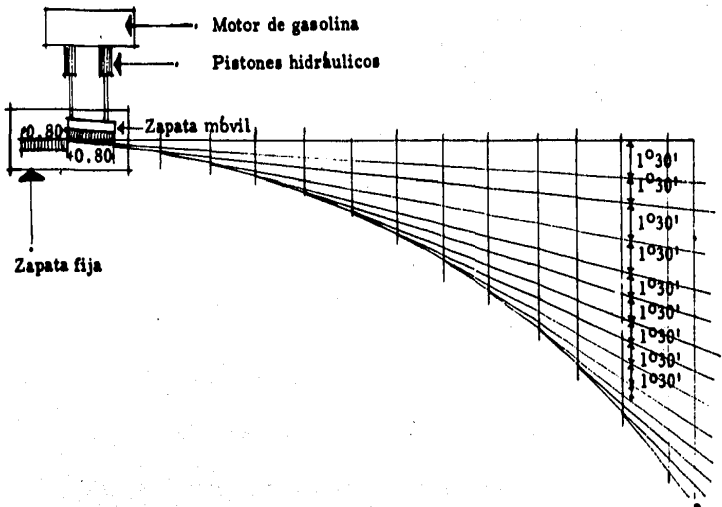


Figura 15

ZANJA Y TERRACERIAS . - Este aspecto de la construcción del -----

Oleoducto Angostura-Veracruz, fué sin duda un renglón en el que se presentaron problemas muy diversos. Es probable que en un terreno cuyo suelo permita el trabajo de excavación sin oponerle dificultades, y cuyo relieve sea poco accidentado, la apertura de la zanja se realiza sin dificultades -- considerables. En nuestro caso el problema fué muy especial, pues esta -- tuvo que abrirse en un 40% de la línea en terreno rocoso, con las dificultades propias de estos ataques, e inclusive en algunos lugares, hubo necesidad de mover volúmenes grandes de terracerías para permitir el paso de -- la línea con una plantilla horizontal.

Fué por estas razones, que se tuvieron que emplear métodos muy diversos para realizar las excavaciones, dividiéndose el ataque en dos --- partes, la primera excavaría el material suave, representado por el 60% -- de la línea con dos máquinas zanjadoras, la primera llamada "zanjadora -- piloto", iba excavando la capa de tierra vegetal que tenía aproximadamente 50 cms. de espesor, y la segunda una zanjadora mucho mayor, iba atacando el material más duro hasta llegar a la profundidad requerida por especificación. La segunda parte o sea el 40% de la línea y las terracerías para cortes y excavaciones en balcón, fueron hechas empleando barrenación y -- dinamita. Para retirar el material fragmentado de la zanja, se usó una -- pala mecánica con equipo retroexcavador y para remover el material de las terracerías, se usó un tractor Caterpillar D-8 equipado con bulldozer en --

los cortes y angledozer en las excavaciones en balcón.

Por ser este problema de excavaciones un asunto de vital importancia prácticamente en cualquier problema de Ingeniería Civil, vamos a extendernos en él aunque lo que se diga solo represente una pequeña parte de lo que de él podría hablarse.

En la figura 16 , está representada una sección transversal de la zanja, en la que puede apreciarse la constitución del suelo y las dimensiones mínimas dadas por especificación de Petróleos Mexicanos.

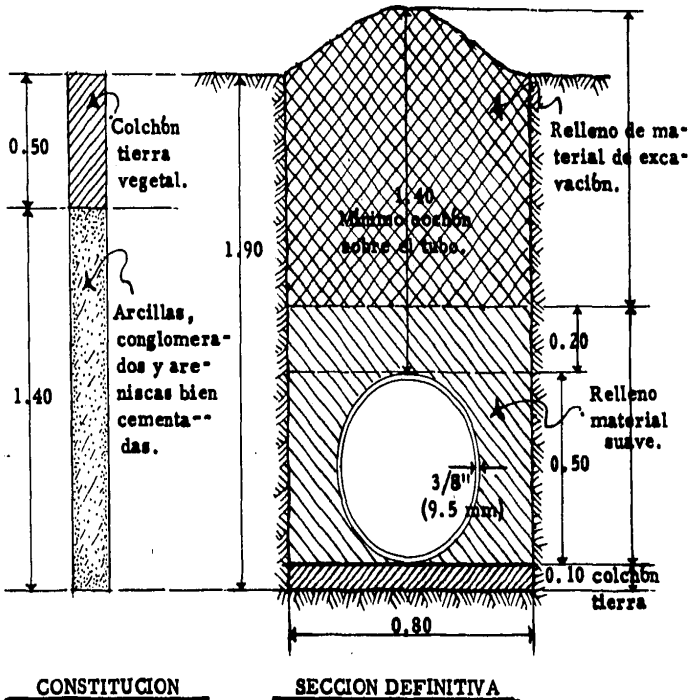


Figura 16

Es probable que pueda parecer que la anchura mínima fué demasiada con respecto al diámetro del tubo, la razón fué la siguiente:

No se permite en las especificaciones de construcción de oleoductos que la tubería trabaje a tensión; supongamos (Fig. 17) un tubo con una cierta longitud (L) libre en sus extremos y sujeto específicamente a una contracción por enfriamiento:

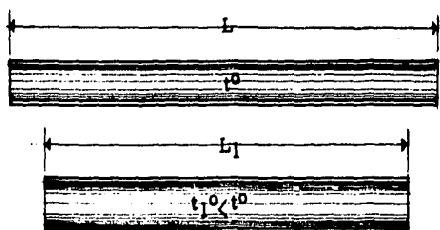


Figura 17

Este tubo teniendo libertad de contracción, lo hace quedando trabando a compresión. Ahora bien, si este tubo está anclado a sus extremos, la longitud no puede variar, pero si hacemos un corte en cualquier sección del mismo (Fig. 18), observamos que aparece una fuerza de tensión.

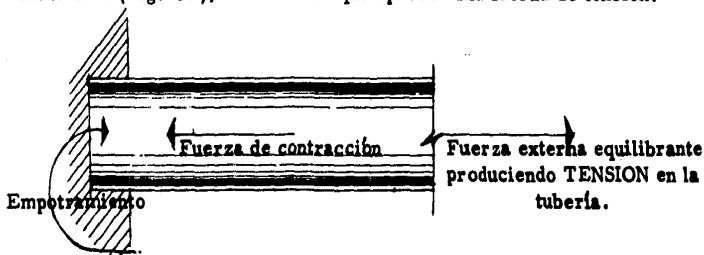


Figura 18

Esta última consideración es semejante en el caso de que la zanja tenga una anchura muy pequeña, es probable que el tubo pudiera encajar perfectamente en este ancho estableciéndose desde ese momento un empujamiento, o bien supóngase que no fuera el tubo precisamente el que se anclara contra las paredes de la zanja, pero sería factible que parte del material excavado volviera a caer antes de ser tapada la misma y las piedras llegaran a calzar perfectamente al tubo produciéndose el mismo efecto anterior.

En cuanto a la profundidad de la zanja, entre otros muchos factores que la determinaron, debe mencionarse con especialidad el hecho de que transitando el fluido calentado por la tubería, debió buscarse una profundidad tal que las disipaciones del calor hacia el exterior fueran mínimas, permitiéndose de esta manera el bombeo con facilidad.

Máquinas Zanjadoras. - Estas máquinas pertenecen al gran grupo específicamente concebido para excavaciones. Su evolución y desarrollo no ha dado todavía lugar a la creación de tipos definidos, al contrario de lo que se observa para las otras máquinas de construcción. Parece ser que tres tipos, cuyos principios de trabajo son diferentes, se han desarrollado más particularmente; estos tipos son los que se describen a continuación: La excavadora de rueda, la excavadora de brazo inclinado y la excavadora de brazo vertical.

Estas máquinas, están diseñadas exclusivamente para abrir zanjas

para conducción de agua, gas, líneas de oleoductos, cables de teléfono, etc., en los lugares donde el trabajo y las condiciones del suelo son tales que pueden ser usadas y son capaces de hacerlo con relativa rapidez y positivo control de la profundidad y ancho de ellas, lo cual reduce a un mínimo la mano de obra. Además tienen capacidad de abrir cualquier tipo de suelo excepto roca y generalmente están montadas sobre orugas lo cual redunda en un incremento de su estabilidad y distribución de su peso sobre un área mayor.

La figura 19, ilustra una máquina zanjadora de rueda que fué usada en este oleoducto, uno de cuyos modelos más grandes es capaz de abrir zanjas cuya profundidad excede a los 2.40 Mts., y cuyos anchos pueden variar aproximadamente desde 30 Cms. hasta 1.50 Mts. Muchas de ellas son capaces de desarrollar 25 o más velocidades de zanjado lo cual permite la selección de la más adecuada para cualquier condición de trabajo.

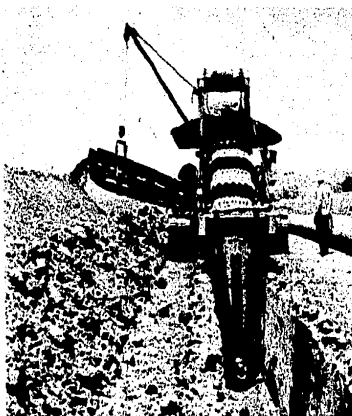


Figura 19

La parte excavadora de la máquina, consiste en una rueda movida por un motor, en la cual están montados una cierta cantidad de cangilones equipados con dientes cortadores. Los cangilones varían en diferentes -- anchos y es posible además acondicionarle unos cortadores laterales, --- cuando es necesario incrementar el ancho de la zanja.

La máquina es puesta a excavar bajando la rueda rotatoria a la --- profundidad deseada, mientras toda la unidad camina a lo largo del eje de la línea, la tierra es levantada por los cangilones y depositada en una --- banda transportadora que puede ser ajustada para descargar la tierra a - cualquier lado de la zanja.

La tabla I muestra las especificaciones representativas de las -- máquinas zanjadoras de rueda.

Prof. Máx. de zanja.	Ancho de la zanja (Cms.)	H.P.	Velocidad - rueda. M/min.	Velocidad ex- cavación. M/min.
1.68 m.	38.10-45.72-53.34 50.80-58.42-66.04	55	10.97-81.08	.06-3.05
1.83 m.	40.64-45.72-50.80 50.84-55.88-60.96 66.04-71.12-76.20	67	46.63-124.97	.85-17.52
2.59 m.	96.52-101.60-129.54	101	74.00	3.96-10.67

TABLA I

El trabajo específico de estas máquinas consiste en excavar zanjas, cuya profundidad sea relativamente pequeña, ya que para zanjas mayores - resultarían ruedas muy grandes.

En la figura 20 , puede verse una máquina excavadora de brazo -- inclinado, a la cual instalándole extensiones al brazo y agregándole más - cangilones y eslabones de cadena, es posible excavar zanjas con las má-- quinas más grandes, que exceden a los 9 metros de profundidad y anchu-- ras de más de 3.60 metros. Generalmente el brazo de estas máquinas es telescópico, pudiendo usarse en zanjas cuya profundidad sea variable, --- esto elimina la necesidad de emplear una máquina diferente para cada --- profundidad determinada; además están dotadas de 30 o más velocidades - de excavación, para elegir la más adecuada en cada trabajo.

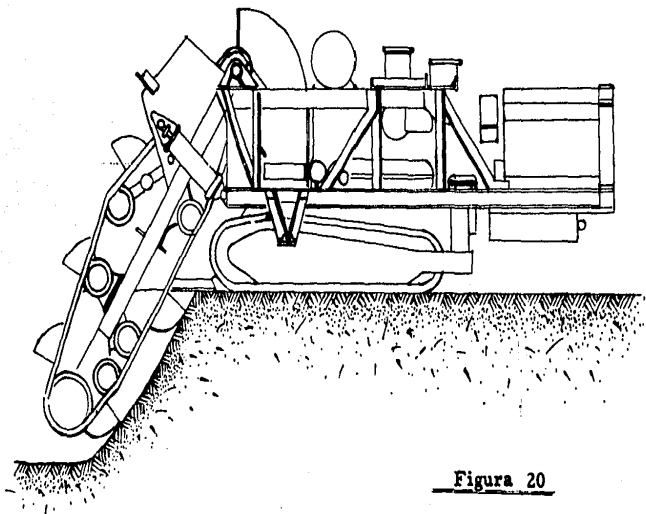


Figura 20

En este caso, la parte excavadora de la máquina consiste en dos cadenas sinfin que se mueven alrededor del brazo ajustable, equipadas con canchilones de dientes cortadores intercambiables para anchos diferentes.

En la tabla II están anotadas las especificaciones representativas de la máquina de brazo inclinado.

Prof. Máx. de zanja. m.	Ancho de zanja cms.	HP	Velocidad de canchilones M/min.	Velocidad de excavación. M/min.
1.20	15.0 - 20.0	47	75-165	.7 - 6.7
2.60	40.0 - 90.0	55	30- 70	.15-4.2
3.80	40.0 - 100.0	74	40-165	.1 - 2.9
4.60	45.0 - 140.0	90	30- 50	.21-4.7

TABLA II

Como puede verse en la tabla anterior, este tipo de máquinas tienen gran elasticidad en cuanto a la profundidad y ancho de las zanjas. Sin embargo no son capaces de hacer excavaciones en roca o en aquellos lugares en donde grandes cantidades de agua en el subsuelo, combinada con suelo inestable, impide que las paredes de la zanja se conserven en su lugar.

Una modificación de este tipo de máquina es la que tiene el brazo vertical. Este tipo es utilizable con siete tamaños de brazo lo cual permite profundidades de zanja que varían desde 1.20 Mts. a 2.50 Mts., con anchos desde los 35 a los 60 Cms.

Muchos factores pueden influir en los rendimientos de las máquinas zanjadoras. En ellos se incluyen la clase de suelo, la profundidad y ancho de la zanja, la topografía, las condiciones climatológicas, las obstrucciones físicas como tuberías bajo tierra, banquetas, calles pavimentadas, -- edificios, etc. Cualquier factor que pueda afectar el avance de la obra, - deberá ser considerado para estimar la velocidad probable de excavación de la máquina zanjadora.

En el desarrollo de oleoductos a lo largo de terrenos poco accidentados, sin obstrucciones físicas que interfieran en la construcción del mismo, es posible instalar más de 2000 metros de tubería en 8 horas de trabajo, lo cual equivale a unos 250 metros lineales por hora, lo cual no es -- demasiado para una zanjadora del tipo de rueda. Sin embargo si la zanja debe ser excavada en suelo duro o en terreno accidentado, puede ser que - no sea posible excavar mas de unos 100 a 200 metros lineales al día.

La elección del equipo que debe ser usado al excavar una zanja, -- depende de las siguientes condiciones de trabajo: la profundidad y ancho - de la misma, la clase de suelo, la profundidad a la cual se encuentra el - agua del subsuelo, el ancho del derecho de vía de donde se deduce el ancho que se tiene para disponer de la tierra excavada, etc.

Si una zanja de relativa poca profundidad y anchura debe ser excavada en suelo firme, probablemente la máquina más adecuada será la del tipo de rueda, sin embargo si el suelo es rocoso lo cual requiere que sea

dinamitado, deberá pensarse en una retroexcavadora o bien un sustituto -
menos adecuado que puede ser una draga. Si el suelo es inestable y el -
material está saturado de agua, puede ser necesario usar una retroex---
cavadora, draga o bien un cucharón de almeja y deberá dejarse que las --
paredes se estabilicen a su talud natural. Ahora bien, si se establece la
necesidad de instalar tablaestacados para detener a las paredes en su ---
lugar, deberá usarse preferentemente una retroexcavadora. Por otro --
lado, cuando se tengan puntales deteniendo a las paredes de la zanja, el -
equipo más adecuado será sin duda un cucharón de almeja como puede --
verse en la figura 21. -

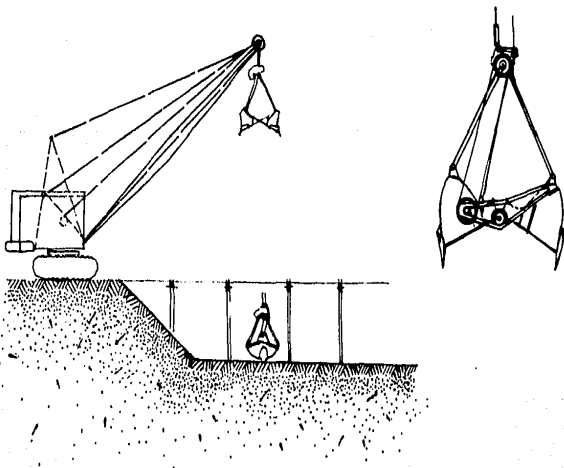


Figura 21

La ventaja principal en el uso de una draga en trabajos de excavación de zanja, reside en el hecho de que al tener la pluma más larga, --- permanece estacionada mientras la retroexcavadora tiene que transitar --- cuatro o cinco veces, sin embargo debido a esta longitud tan grande, --- posee el grave defecto de no excavar con la relativa precisión con que lo hace la retroexcavadora. Un esquema del funcionamiento de una draga --- puede apreciarse en la figura 22. -

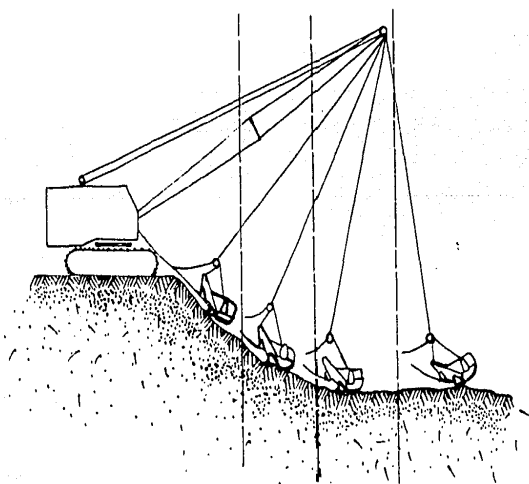


Figura 22

Las retroexcavadoras que también pertenecen al grupo de equipo de excavación, son esencialmente una pala mecánica a la cual se le ha -- instalado el cucharón invertido. Se emplean para excavar niveles infe-- riores al del piso y están adaptadas para excavar zanjas, plantillas para cimentaciones y trabajos con pendiente, todo lo cual requiere un control

preciso de las profundidades. A causa de su rigidez son superiores a las dragas al operar en trabajos de no muy amplio alcance, así como en la carga de camiones. Debido al jalón directo en el cucharón, pueden ejercer mayor presión que las palas mecánicas.

En la figura 23 puede observarse una máquina de estas y su funcionamiento.

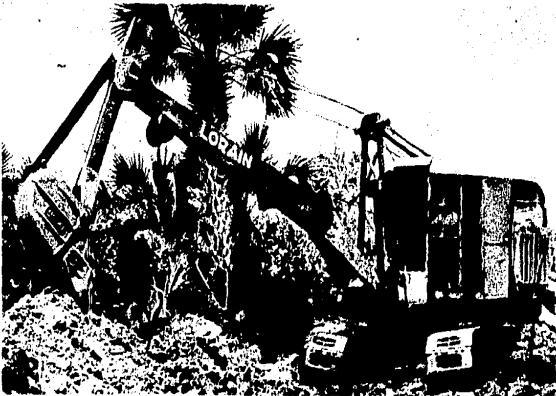
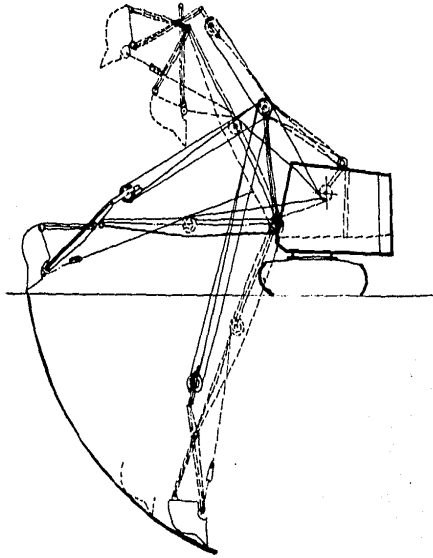


Figura 23

Cuando una retroexcavadora se usa para excavar a profundidades moderadas, su rendimiento es comparable con el de una pala mecánica - del mismo tamaño, excavando en la misma clase de material. Sin embargo al incrementarse la profundidad de la excavación, el rendimiento de la retroexcavadora disminuye considerablemente. Esta máquina tiene su mayor rendimiento cuando efectúa excavaciones cerca de la misma, -- debido al reducido tiempo de su ciclo y también a que el material se va introduciendo en el cucharón en mejores condiciones cuando éste es jalado hacia arriba cerca de la máquina. La acción más efectiva de excavación ocurre cuando el brazo del cucharón está en ángulo recto con la pluma. -

Barrenación. - Para poder hacer excavaciones en roca, es necesario aflojar ésta en tal forma que el equipo de excavación pueda manejarla con facilidad. Este aflojamiento se hace por medio de perforaciones o barrenos en los que se colocan posteriormente explosivos para hacerlos explotar.

Se pueden usar varios tipos de equipos de perforación, el seleccionado dependerá de la magnitud de la obra, del tipo de trabajo a que se vaya a sujetar, de la naturaleza del terreno, del tipo de roca, de la profundidad de las perforaciones, del tamaño de la roca triturada que se desea obtener, etc. -

Una broca de barrenación es específicamente dentro de cualquier -- equipo, la parte que ha sido diseñada para desintegrar la roca. El éxito de

una operación de perforación depende de la facilidad de una broca en permanecer afilada al sufrir el impacto de la barrena. Hace hace algún tiempo las brocas de acero para las perforadoras estaban hechas de una sola -- pieza junto con el barreno, esta práctica se ha discontinuado con la fabricación de las brocas desmontables que pueden ser desechadas al perder -- su filo, romperse, etc., desmontándose de la barrena de acero. Estas -- brocas se fabrican en diámetros que varían desde 1" (2.54 Cms.) hasta -- 4-1/2" (11.4 Cms.), siendo la variación de 1/8" (0.315 Cms.) y pueden -- volverse a afilar de 2 a 6 veces.

La profundidad de las perforaciones que pueden hacerse con barrenas de acero varía desde unos cuantos centímetros hasta 12 metros o más dependiendo del tipo de material.

Algunos tipos de roca son tan abrasivos que las brocas de acero -- se deben reemplazar después de que han perforado solamente unos cuantos centímetros. El costo de las brocas y el tiempo-perdido al cambiarlas es tan grande, que es mucho más conveniente usar en estos casos brocas con inserciones de carbo-tungsteno.

Existen varios tipos dentro de ellas, pero lo más moderno son las que vienen con la inserción colocada cuando la barrena se ha calentado a -- una temperatura muy elevada, y que puede ser desmontada al perder su -- filo, en vez de tener que desecharse como se hacía con las brocas de ---- carbo-tungsteno comunes.

En la figura 24 puede apreciarse tanto una broca de acero como una de las modernas con inserción de carbo-tungsteno.

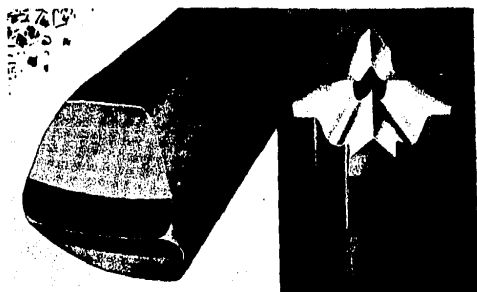


Figura 24

Aunque este tipo moderno de brocas es considerablemente más --- costoso que las de acero, el incremento en el ritmo de la barrenación, la profundidad y la clase de la perforación obtenida por broca, redunda en -- una economía superior al perforar en roca dura.

Para efectuar perforaciones verticales, se usan las llamadas ----- "pistolas de piso", que son unas máquinas portátiles operadas por aire y a las cuales se les adaptan barrenas del tipo de percusión y rotación; su --- clasificación está de acuerdo con su peso.

Una unidad completa de perforación de éstas, consta de un marti-- llo y de una barrena de acero con su broca. Al fluir el aire a través del - martillo induce a un pistón a moverse con un movimiento recíproco a una -

velocidad superior a 2200 golpes por minuto, lo cual produce el efecto de martillo; este efecto es transmitido a la broca a través de la barrena de acero y una parte del aire a presión fluye a través de un agujero que se encuentra en el interior de la barra de acero y la broca y sirve tanto para remover la roca molida que se va acumulando como para enfriar la broca. Puede también usarse agua en vez de aire llenando las mismas finalidades pero con ventajas consistentes en enfriar y lubricar mejor la broca, remover el material barrenado en flujo continuo y lubricado así como aplacar el polvo. - En la figura 25 pueden apreciarse las partes principales de una perforadora de piso.

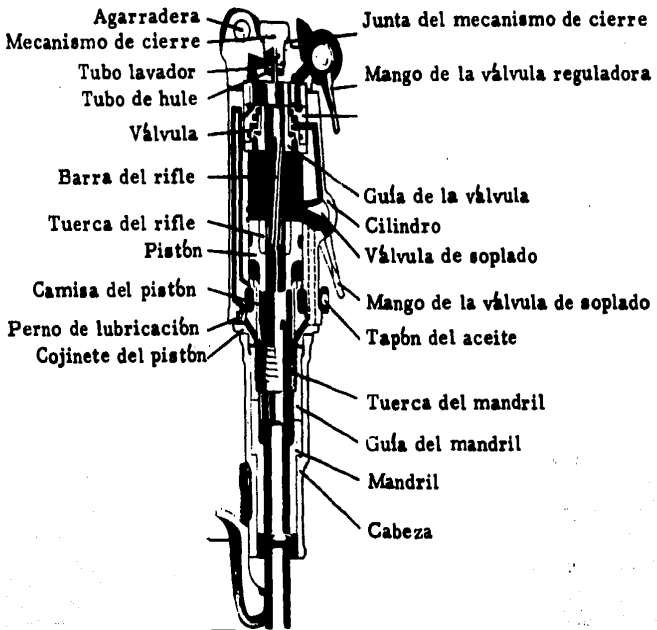


Figura 25

La barrena de acero gira lentamente después de cada golpe del pistón, en tal forma que los biseles de la broca no golpean el mismo punto dos veces seguidas. Aunque las perforadoras pueden ser usadas para barrenar profundidades mayores de seis metros, generalmente no son usadas más allá de los 5.50 metros y los martillos más pesados son capaces de hacer perforaciones hasta de $2\frac{1}{2}$ " (6.34 Cms.) de diámetro.

Las perforadoras de carro (Wagons Drills) están constituidas por una perforadora montada sobre un bastidor el cual a su vez está sostenido por llantas neumáticas u orugas para facilitar su transporte. Se usan para hacer perforaciones hasta de $4\frac{1}{2}$ " (11.4 Cms.) de diámetro y 12 metros de profundidad. Estas herramientas dan mejor rendimiento que las perforadoras de piso, cuando se usan en terreno donde se pueda facilitar su operación y pueden ser utilizadas para perforar a cualquier ángulo, desde la vertical hasta la horizontal.

Es posible además, combinar varias de estas perforadoras sobre un bastidor general a fin de poder efectuar varios barrenos al mismo tiempo, esto se usa muy especialmente cuando se trata de abrir zanjas en terreno duro, o bien montarlas sobre unos rieles y de esta manera conseguir un frente de barrenación muy amplio.

En la figura 26 puede apreciarse tanto una perforadora trabajando sola, como la combinación expuesta para las zanjas.

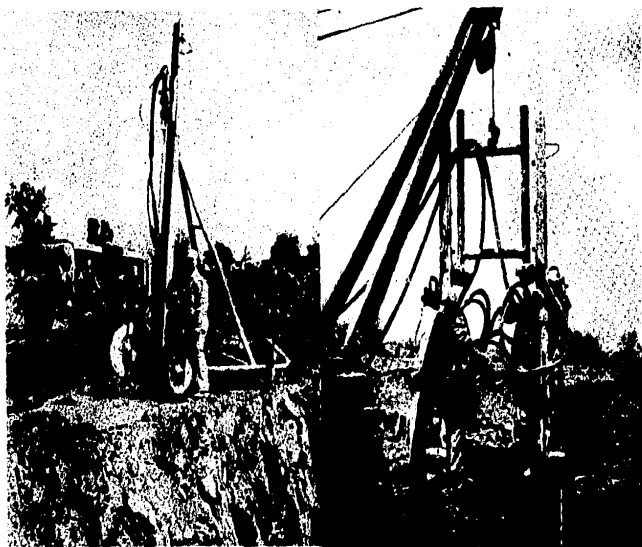


Figura 26

El procedimiento de perforación por fusión es uno de los más recientes en trabajos de barrenación para voladuras. Este se produce por una mezcla ardiente de oxígeno y un combustible tal como la kerosene que salen en estas condiciones por un chiflón. Cuando la flama se dirige contra la roca, la alta temperatura de cerca de 2200°C causan en algunos tipos de roca fractura y hojearamiento en otros. Algunas veces la roca se funde y una rociada de agua que se dirige a la roca calentada en esta forma, provoca la desintegración de ésta reduciéndola a fragmentos muy pequeños, los cuales son extraídos del agujero por medio de los gases en expansión producidos.

Como es bien sabido, la perforación tiene varios propósitos, tales como recibir cargas de explosivos, exploraciones geológicas, inyecciones

de lechada de cemento, etc. Dependiendo de estos propósitos se seleccionará el equipo y método de perforación además de otros factores como los siguientes: Naturaleza del terreno, profundidad requerida de la perforación, dureza de la roca, zona en que la formación se presenta fracturada o resquebrajada, magnitud del proyecto, profundidad a la cual la roca va a ser extraída para su explotación, posibilidad económica de conseguir agua para la perforación, propósito de la misma, tamaño de las muestras que se requieren para su estudio.

Para perforaciones desde pequeños diámetros hasta 4-1/2" (11.4 Cms.) como máximo, las cuales generalmente se hacen para voladuras, se escogen perforadoras de piso o perforadoras de carro (Wagon Drills). Si el trabajo es suficientemente grande y el terreno lo permite, esta última se usará con preferencia para barrenos de más de 6 metros por ser más económico, además de que perforaciones de más longitud permiten un gran espaciamiento entre las mismas. Por otro lado en terreno áspero se preferirán las perforadoras de piso a pesar de su costo superior. Para perforaciones hasta de 20 metros o más y de 12 a 20 Cms. de diámetro, existen otro tipo de perforadoras que no hemos citado porque se usan para inyecciones de lechada, exploración geológica, etc. y en este caso solamente se utilizaron perforaciones para recibir cargas de explosivos.

La distribución de barrenos está en factor del corte del terreno

que se va a excavar, de la dureza de la roca, del tamaño que se desea -- obtener al fragmentarse con la voladura y de la clase de dinamita que va a utilizarse.

Si las perforaciones son hechas para producir agregados, la distribución de barrenos deberá ser proyectada para lograr tamaños de roca suficientemente pequeños, con el fin de permitir que la mayoría de ellos sean manejados por la excavadora o para pasar la trituradora evitándose una segunda voladura (moneo), esto se logra reduciendo la separación -- entre centro y centro de barrenos. El exceso del costo en perforación y explosivos para producir estos tamaños de roca, puede ser tan grande -- en algunas ocasiones, que la producción de tamaños mayores a los re---- queridos resulta permisible en interés de la economía general del pro--- yecto.

Al usar perforaciones de diámetros grandes, se facilita una concentración mayor de explosivos en cada perforación, siendo posible en--- tonces incrementar el espaciamento entre barrenos y por lo tanto reducir el costo en la operación.

Los rendimientos en la perforación de roca, varían de acuerdo con varios factores, tales como el tipo y tamaño de la barrena, la dureza de la roca, la profundidad de la perforación, el pueble, las pérdidas de tiempo, etc. Los rendimientos dados en la tabla III están basados en proyectos reales y podrán ser usados solamente como guía para estimar el --

rendimiento en cualquier otra obra. Los valores que allí aparecen están incrementados incluyendo un aumento razonable de tiempo por movimientos, acomodados, cambios de broca, etc.

Rendimientos en Perforación de Roca

Tamaño de la perforación.	Clase de roca	Perforadora de piso.	Wagon-Drill
		Velocidad perforación en M/hora	
4.5 Cm. (1-3/4")	Blanda	4.5-6.0	9.0-10.0
	Media	3.0-4.5	7.5- 9.0
	Dura	1.5-3.0	4.5- 7.5
6.0 Cm. (2-3/8")	Blanda	3.0-4.5	9.0-15.0
	Media	2.0-3.0	6.0-9.0
	Dura	1.2-2.5	3.5-6.0
7.5 Cm. (3")	Blanda		9.0-15.0
	Media		4.5- 9.0
	Dura		1.5- 4.5
10.0 Cm. (4")	Blanda		3.0- 6.0
	Media		1.5- 3.0
	Dura		0.6- 2.0

TABLA III

Para surtir el aire tanto a las perforadoras de piso como a las -- perforadoras de carro (Wagons-Drills), evidentemente se usan máquinas compresoras.

Un compresor es una máquina que se utiliza esencialmente para - incrementar la presión del aire por medio de una reducción en su volumen. Existen varios tipos de compresores en el mercado como son los estacio-

narios y portátiles y en cuanto a su operación de movimiento recíproco o de turbina. Los compresores estacionarios solamente se usan cuando el trabajo a que están asignados no requiere que sean movidos de su lugar y los compresores de aire portátiles se usan desde luego cuando es necesario mover el equipo frecuentemente para satisfacer las demandas de trabajo como puede acontecer en un frente de barrenación y pueden estar montados en llantas neumáticas, ruedas metálicas o trineos, pudiendo ser accionados con motor de gasolina o diesel.

Los compresores de movimiento recíproco están constituidos esencialmente por un pistón, el cual se mueve hacia adelante y hacia atrás en un cilindro, proporcionando así la compresión deseada. El pistón puede comprimir el aire cuando se mueve en una dirección o en ambas llamándose al primero de simple acción y al segundo de doble acción. Desde luego existen compresores de este tipo que tengan más de un cilindro.

Los compresores de turbina tienen algunas ventajas comparados con los compresores de movimiento recíproco tales como un flujo más uniforme, menor peso y mayor duración. Por ejemplo el peso de un compresor de 600 pcm es comparable con el peso de una unidad de movimiento recíproco de 315 pcm, sin embargo el costo es aproximadamente el mismo en unidades de igual cantidad de pies cúbicos por minuto.

La capacidad de los compresores de movimiento recíproco está en relación con el desplazamiento del pistón, sin embargo la verdadera capacidad será menor debido a las fugas en este último, en la válvula y al residuo de aire que queda en el cilindro de compresión. Esta capacidad está representada por la cantidad de pies cúbicos por minuto que proporciona la máquina y para un compresor en buenas condiciones la capacidad real es función del 80% a 90% del desplazamiento del pistón.

El uso de una línea para conducir aire demasiado larga, puede ocasionar una caída de presión tal, que proporcionará un trabajo muy deficiente, es por esto que la selección del tamaño de ella está sujeto a razones económicas ya que la eficiencia de la mayoría del equipo operado por aire comprimido desciende rápidamente a medida que la presión del aire se reduce.

La mejor forma de analizar este problema es consultar tablas en las que en función del diámetro de la tubería, su longitud y las características de operación, están dadas las pérdidas de carga.

Para determinar el tipo y cantidad de compresores que deben usarse en cierto trabajo, lo práctico es estudiar los datos de los fabricantes referentes a la cantidad de elementos de perforación como pistolas Wagon Drills (Perforadoras de carro), etc., que pueden ser abastecidos por un tipo específico de máquina en diferentes condiciones de operación, como puede observarse en la tabla IV. -

COMPRESOR MODELO NO.		125	210	365	600	900
Presión del aire		80 lb 90 lb	80 lb 90 lb	80 lb 90 lb	80 lb 90 lb	80 lb 90 lb
	PESO (Kgs.)					
Perforadoras de piso						
CP-9	3.4	6 5	- -	- -	- -	- -
CP-14 seco	6.8	5 4	- -	- -	- -	- -
CP-22 seco o húmedo	13.6	2 2	4 3	7 6	- -	- -
CP-39 aire	17.3	1 1	2 2	5 4	10 9	15 14
CP-32 aire	20.5	1 1	2 2	5 4	- -	14 13
CP-59 aire	25.0	1 1	3 2	5 4	8 7	12 11
Wagons Drills						
CP-50 aire		- -	1 1	2 2	4 3	6 5
CP-60 aire		- -	1 -	1 1	3 3	5 4
CP-70 aire		- -	- -	1 1	2 2	4 3
Herramienta construcción						
CP-111	13.6	5 4	- -	- -	- -	- -
CP-113	20.5	4 3	7 6	- -	- -	- -
CP-115	27.3	3 2	6 5	- -	- -	- -
CP-117	36.2	2 2	4 3	8 7	12 10	20 16
CP-118	36.2	2 2	4 3	8 7	12 10	20 16
Vibradores concreto						
CP-219	13.6	5 4	11 9	- -	- -	- -
CP-325	20.5	3 3	8 7	- -	- -	- -
CP-417	25.0	3 2	6 5	- -	- -	- -
CP-518	36.3	1 1	3 3	6 5	10 9	- -
Malacates						
CP-10PS-2000		- -	1 1	2 2	4 3	- -
Compactadores						
CP-3	14.0	4 3	8 7	- -	- -	- -
CP-MM	18.2	4 3	8 7	- -	- -	- -
CP-4RV	19.1	4 3	8 7	- -	- -	- -

Chicago-Pneumatic

TABLA IV

Explosivos. - Los explosivos comerciales, son sólidos o líquidos que pueden transformarse instantáneamente en grandes volúmenes de gases, ya sea por frotamiento, por calentamiento, por choque, por medio de chispas o bien de otra manera. El aumento de volumen ejerce en el material circundante un efecto compuesto de choque y de presión; este efecto es el que se aprovecha para las voladuras. Aunque la presión actúa uniformemente en todos sentidos, el gas busca su salida por la línea de menor resistencia. Todos los explosivos actúan del mismo modo a este respecto y por lo tanto cualquiera que sea el que se emplee, la carga y el pueble deben efectuarse con gran cuidado para que el gas que de confinado y así se vea forzosamente obligado a actuar sobre el material que se ha de volar. Para cualquier trabajo de voladura deberá escogerse debidamente el explosivo conveniente, los elementos para la detonación y los métodos adecuados para cargar y conectar los barrenos.

Los explosivos pueden escogerse entre los siguientes: Pólvora negra, pólvora negra comprimida en cartuchos o explosivos violentos. Esta última categoría comprende todas las dinamitas, gelatinas y explosivos llamados "permitidos".

La pólvora negra es un explosivo defragante o sea de detonación por ignición, cuyos gases se generan progresivamente a medida que se efectúa la combustión de la carga y puede utilizarse tanto en grano, como comprimida en cartuchos cilíndricos, aunque su utilización en trabajos de

construcción actualmente es muy limitada y prácticamente nula.

Por explosivos violentos se entienden todas las dinamitas, nitroglicerinas, "extras", gelatinas y los "explosivos permitidos".

Todos estos son explosivos detonantes, es decir, que se disparan por medio de un agente intermedio llamado detonador o estopín, y la conversión de sólido en gas, es en ellos mucho más rápida que en los explosivos deflagrantes, siendo también el volumen de gas mucho más considerable. Al escoger los explosivos violentos, especialmente para uso subterráneo, muchos son los factores que han de tomarse en consideración; como son: la potencia, la velocidad o efecto de quebrantamiento, la resistencia al agua, la densidad, la producción de emanaciones, la temperatura de congelación así como la longitud y duración de la llama.

Potencia se entiende la energía del explosivo. En las dinamitas nitroglicerinas la clasificación se hace según la proporción de nitroglicerina por peso que contienen. Por ejemplo, la dinamita nitroglicerina de 40% de potencia tiene realmente un 40% de nitroglicerina. El poder destructivo de este tipo de explosivos, se toma como base para la clasificación de todas las demás dinamitas que no están fabricadas con nitroglicerina, así pues, la potencia de cualquier otra dinamita expresada en tanto por ciento, indica que esta explota con tanta potencia como otra clase de dinamita nitroglicerina equivalente en igualdad de peso.

La tendencia general consiste actualmente en valerse de explosivos

de menor importancia ejerciéndose mayor cuidado en las cargas.

Muchas veces, no se comprende el concepto referente a la energía relativa entre las dinamitas de diferentes porcentajes de nitroglicerina; - suele creerse que la energía verdadera desarrollada por las distintas potencias está en proporción directa con los porcentajes marcados. Se piensa, por ejemplo, que la dinamita del 40% es dos veces más potente -- que la del 20% y que la del 60% es tres veces más potente que la del 20%. La inexactitud de esta creencia ha sido demostrada por cuidadosas pruebas de laboratorio, cuyos resultados se indican gráficamente en la figura 27.

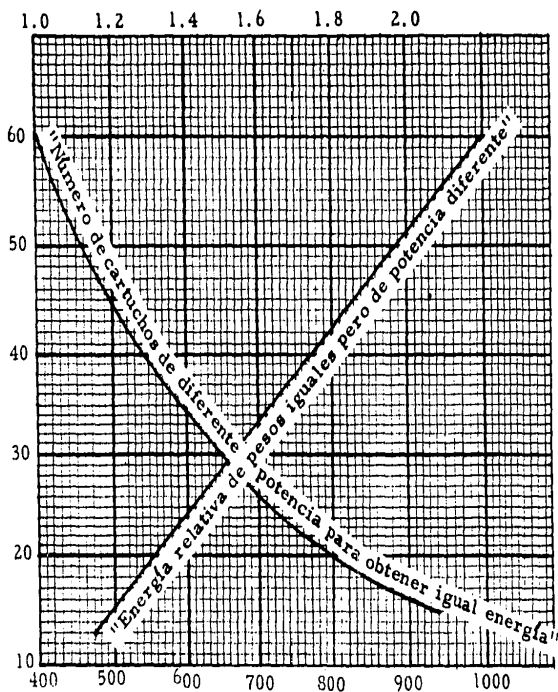


Figura 27

Horizontalmente al pie del diagrama, se hallan las cifras que representan las unidades relativas de energía y verticalmente en el lazo izquierdo, se encuentran las cifras que indican el tanto por ciento de potencia. Para hallar la energía comparativa entre diferentes potencias en igualdad de pesos, tal como gelatinas de 20% y 50%, se sigue la línea horizontal señalada por la cifra 20% hasta su intersección con la línea diagonal marcada "Energía relativa de pesos iguales pero de potencia diferente", prosiguiendo después la línea vertical desde ese punto de intersección hasta la línea del pie, en donde se observa que nos marca 550 unidades de energía relativa.

Posteriormente debe seguirse la línea horizontal señalada por el 50% hasta su encuentro con la misma línea diagonal y de ahí se sigue también la línea vertical hacia abajo. Su punto de intersección con ésta, queda en 890 unidades de energía relativa. Esto indica que la dinamita del 50% en vez de ser 2.5 veces más potente que la del 20% como suele creerse, no es en realidad sino $890/550$ o sea aproximadamente 1.62 veces más potente.

Para determinar el número de cartuchos de dinamita de diferentes potencias y de un peso mas o menos igual, necesarios para lograr una cantidad igual de energía, se emplea la curva "Número de cartuchos de diferente potencia para obtener igual energía" del diagrama anterior. Las cifras de la parte superior indican el número de cartuchos, y las del lado

izquierdo el tanto por ciento de potencia de la dinamita. La línea marcada 60% se cruza con la curva en un cartucho; si seguimos la horizontal -- 40% hasta su intersección con la curva y de ahí continuamos por la línea vertical hacia arriba, llegamos al punto señalado 1.28 lo que indica el -- número de cartuchos de 40% equivalentes a un cartucho de 60% mas o menos del mismo peso.

En vista de que esta curva solo sirve para comparar dinamitas con la del 60%, si queremos comparar entre sí otras dos de diferentes porcentajes, podemos recurrir al cuadro siguiente: (Tabla V)

Un Cartucho	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.34	1.45	1.60	1.85
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.59
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.66	0.72	0.78	0.86	1.00

TABLA V

En vista de que estas cifras son resultados de pruebas de laboratorio por parte de los fabricantes, no son exactas sino simplemente aproximadas para aplicaciones prácticas, ya que las condiciones con que se tropieza en el trabajo varían considerablemente y no hay manera de regularlas como se hace en el laboratorio. Sin embargo bastará un poco de experiencia y práctica en la disposición de los barrenos, para poder con ayuda de estos cuadros, escoger el explosivo de menor potencia y más económico que pueda emplearse para ejecutar el trabajo con buenos resultados y con un mínimo de gastos.

En cuanto a la velocidad o rapidez de explosión o detonación, algunos explosivos violentos detonan mucho más rápidamente que otros; cuanto mayor es la rapidez de explosión, mayor suele ser también el efecto de quebrantamiento, como éste depende también hasta cierto punto de la potencia y de la densidad, deberán tomarse en cuenta estas tres propiedades al escoger el explosivo adecuado para un fin determinado.

La resistencia al agua es otra de las características de los explosivos violentos. En los lugares secos esto no tiene importancia, pero cuando hay mucha agua es preciso emplear un explosivo resistente a la misma.

La densidad de los explosivos violentos se indica convencionalmente por el número de cartuchos de $1\frac{1}{4}'' \times 8''$ (3.17 Cms. x 20.32 Cms.) que hay en 50 libras (22.70 Kgs.) En la serie actual de explosivos esta

cantidad varía considerablemente de un tipo a otro, clasificándose así en explosivos de bajas y altas densidades.

Para minerales duros y para perforar túneles en roca, trabajos para los cuales se acostumbra usar pistolas neumáticas, se necesita que la fuerza explosiva quede concentrada en el fondo del barreno, para lo cual lo indicado es la gran densidad de la dinamita gelatina. En las canteras explotadas con perforadoras de pozos, conviene a menudo cargar de gelatina el fondo para romper la base saliente y un explosivo menos denso por encima, a fin de que la carga alcance bastante altura en el barreno para quebrantar la roca de arriba. Tratándose de mover grandes masas de material relativamente suave, por medio de barrenos hechos con perforadoras de carro (Wagons-Drills) como en las minas a cielo abierto, el problema consiste en colocar suficiente cantidad de explosivos en cada uno de ellos. Dicho problema se resuelve generalmente ensanchando los barrenos y cargando con un explosivo de bastante densidad. Se ve pues, que la gama de densidades constituye una de las características principales de los explosivos violentos modernos, para su adaptación a las distintas clases de trabajos.

Al detonar, los explosivos emiten cantidades variables de gases o vapores. Tratándose de operaciones al aire libre, la naturaleza de esos gases es cosa que importa poco, pero para trabajos subterráneos debe evitarse por completo el empleo de explosivos que emitan gases nocivos

o peligrosos. La dinamita gelatina es la que da la menor cantidad de gases deletéreos y es el explosivo que suele emplearse para el trabajo --- subterráneo en roca dura.

Dentro del mercado existe una cantidad considerable de diferentes tipos de dinamitas y explosivos, dentro de los cuales podrá hacerse una - selección del tipo adecuado para usarse; en general estos explosivos son convenientes para zonas templadas y donde el tiempo transcurrido entre la fabricación y el empleo de los mismos sea corto. Cuando el explosivo sea transportado a grandes distancias y guardado mucho tiempo, deberá tomarse en consideración este factor, en los trópicos especialmente, -- donde el calor y la humedad son excesivos, debe evitarse el empleo de -- aquellos que contienen una proporción considerable de nitrato de amoníaco, salvo que hayan de utilizarse al poco tiempo de adquiridos. Cuando - las condiciones atmosféricas son desfavorables, conviene emplear gela-- tinas o gelignitas, pues estas son las que ofrecen mayor resistencia al -- agua y a la atmósfera caliente y húmeda.

Dentro del capítulo de explosivos, será una consideración suma-- mente importante el transporte, manejo y almacenaje de los mismos. --- Hay gran número de precauciones que deben adoptarse en este manejo y parte de ello se trató al hablar de los almacenes; lo que resta nos lleva-- ría demasiado espacio anotarlo, pero siempre en obras en que que deba usarse barrenación y explosivo deberán tomarse toda clase de precaucio-

.

nes para evitar serios accidentes.

Los explosivos violentos no se disparan por medio de chispas o de llama como la pólvora para minas y la pólvora cilíndrica, sino por medio de accesorios intermedios llamados detonadores, tales como fulminantes o estopines eléctricos, llevando ambos un potente explosivo que dispara o hace detonar a los cartuchos por combinación de choque e intenso calor.

Los fulminantes son pequeños cilindros de cobre con un extremo cerrado, cargados con un explosivo muy sensible y violento, que se dispara por medio de las chispas de la mecha de seguridad y no pueden ser usados para disparar varios barrenos al mismo tiempo.

La mecha de seguridad consta de un fino reguero de pólvora bien envuelto en unas cubiertas interior y exterior mas o menos impermeables de cinta, hilo o cáñamo. La velocidad de combustión de la mecha de seguridad es generalmente de unos 45 a 60 centímetros por minuto.

Para disparar varios barrenos al mismo tiempo hay que valerse de los detonadores siguientes:

- a).- Estopines eléctricos para el disparo instantáneo en condiciones normales.
- b).- Estopines eléctricos impermeables para el disparo instantáneo bajo el agua.
- c).- Cordeau para el disparo instantáneo de las cargas en toda su extensión.

Cuando los barrenos han de dispararse los unos después de los ---

otros en orden consecutivo, se emplean los siguientes elementos:

- a). - Estopines eléctricos de tiempo para disparar los barrenos en rápida sucesión con una sola aplicación de la corriente.
- b). - Encendedores eléctricos de tiempo para disparar los barrenos en rápida sucesión con una sola aplicación de la corriente.
- c). - Mecha de seguridad de fulminante como queda descrito, empleando trozos de mechas de diferentes longitudes para obtener la rotación deseada.

Los estopines eléctricos son detonadores que se encienden o explotan por medio de una corriente eléctrica, un corte de uno de ellos puede apreciarse en la figura 28.

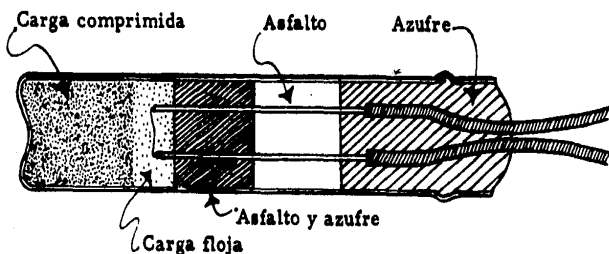


Figura 28

El empleo de espoletas eléctricas en corto circuito, constituye una precaución muy importante cuando se teme que existan corrientes dispersas y cuando haya posibilidad de que el extremo de los alambres entre en contacto con aparatos cargados de corriente. Este corto circui-

to se logra torciendo los extremos de los alambres juntos y no deberán -- nunca destorcerse sino en el momento que van a ser conectados al circui- to general.

Los estopines eléctricos de tiempo, permiten disparar varios ba-- rrenos en rotación con un juego de alambres y con una sola aplicación de la corriente eléctrica, sin que exista el peligro de que los primeros gru- pos de barrenos al explotar y romper los alambres, impidan que los de-- más estopines exploten después, ya que desde el instante en que la co---- rriente es conectada, se encienden todos, haciendo el efecto de retarda-- miento la cantidad extra de explosivos que tenga cada uno.

Todos estos se fabrican en diferentes períodos o intervalos siendo cada uno de ellos claramente marcado. Se hacen de modo que después de aplicarse la corriente, transcurre un corto intervalo antes del disparo de los primeros y un lapso de tiempo más largo antes del disparo de los se- gundos y así sucesivamente con todos.

Estos estopines eléctricos de tiempo, se emplean siempre junto -- con estopines eléctricos instantáneos. Como estos últimos disparan tan - pronto como les llega la corriente, se utilizan para los barrenos que han de hacer explosión en primer lugar tales como los de corte o de desfonde a fin de aliviar la tarea de la segunda serie de barrenos, como los de --- despejo que deben dispararse después de los del primer tiempo.

Los retardadores (milisegundos) y los delays (segundos) son suma-

mente efectivos para este trabajo ya que reducen vibraciones y en la mayoría de los casos previenen fracturas innecesarias.

En una hilera sencilla de cargas, los retardadores MS pueden estar arreglados sucesivamente en orden ascendente o descendente, o bien pueden usarse para proporcionar una secuencia continua de un extremo al otro, en la figura 29 se muestran arreglos usuales para los cuales puede notarse que el máximo intervalo entre barrenos adyacentes es de 25 milisegundos.

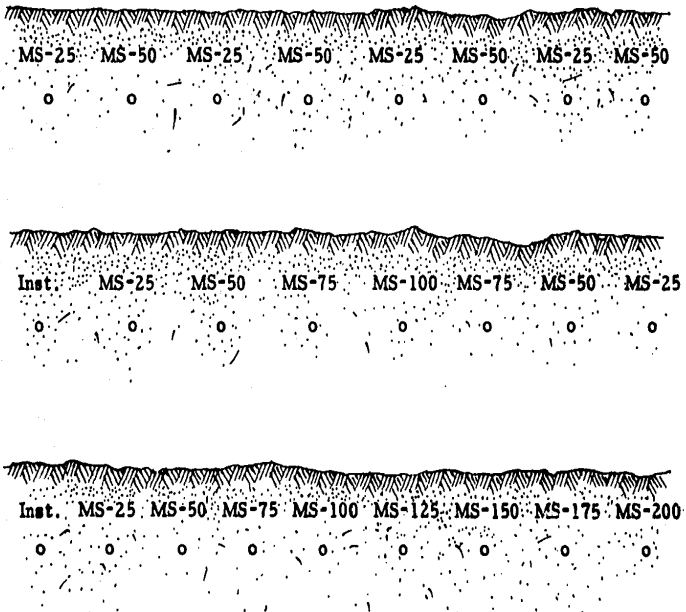


Figura 29

Para cargar varias hileras de barrenos, se puede recurrir a las mismas distribuciones indicadas en la figura anterior, estableciendo un desfaseamiento entre hileras paralelas como se indica en la figura 30.

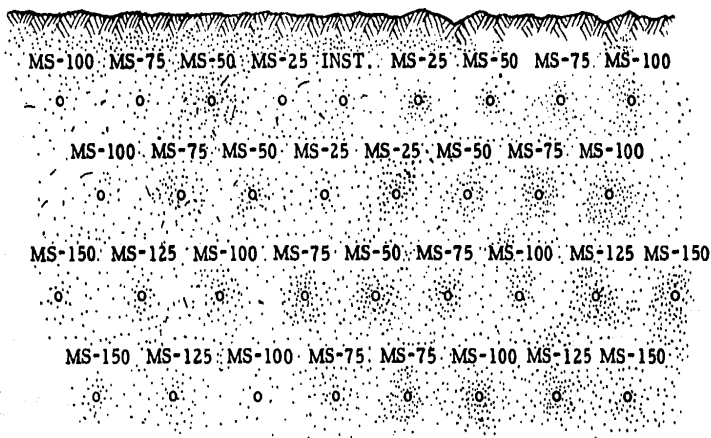
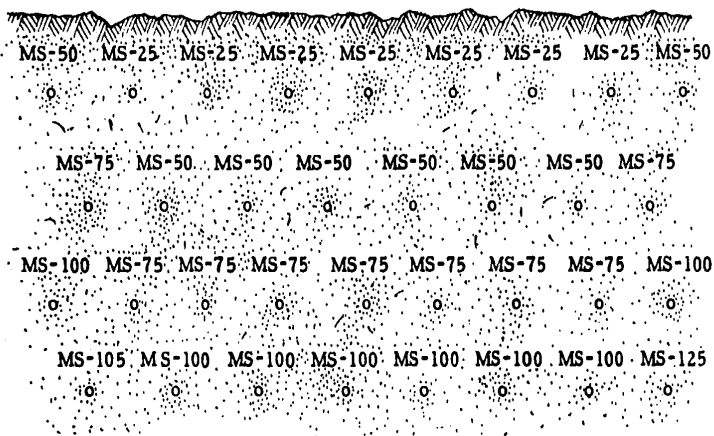


Figura 30

Una forma más común en el arreglo de hileras múltiples es la de cargar todos los barrenos de una sola hilera con el mismo período de MS; en este caso los retardadores se seleccionan para proporcionar secuencias de disparo de las hileras colocadas del frente hacia atrás, o si se trata de una sección abierta, desde ésta hacia el fondo. Cuando se desea reducir al mínimo las fracturas, se aconseja cargar el último barreno en las terminales de la hilera, con el siguiente período de retardamiento más alto que el usado en el resto de la misma. (Ver Fig. 31)

Figura 31



El cordeau consiste en un tubo delgado de plomo, lleno de un compuesto explosivo cuya velocidad de detonación es de unos 5,400 metros por segundo; se emplea principalmente para los barrenos profundos de pozo y otras voladuras importantes, como las coyoterías en que pueden llegarse a hacer explotar 50 toneladas o más de dinamita instantáneamente. La violencia con que hace explosión basta para la detonación de los explosivos -- que se encuentran cerca de él en el barreno, de suerte que la carga dispara instantáneamente en toda su extensión.

A pesar de su gran velocidad y violencia de detonación, el cordeau es muy poco sensible y no puede provocarse su explosión golpeándolo con un martillo, presándolo o quemándolo. Para esto, hay que emplear fulminantes o estopines eléctricos en contacto perfecto con el compuesto explo--

sivo del cordeau.

Puede suceder, que durante una tormenta eléctrica, sobrevengan explosiones prematuras en los barrenos que contienen estopines eléctricos, lo cual representaría un serio problema, por lo que deberá usarse preferentemente el cordeau durante la época de lluvias.

Un cartucho de explosivo violento, provisto de un estopín eléctrico u otro detonador, es lo que se llama cebador o cebo, y los pobladores en cualquier obra deberán tomar todas las precauciones para evitar que el fulminante se salga del cartucho del explosivo o bien que estos se humedezcan, para que así puedan cargarse los barrenos fácilmente y sin peligro asegurando una detonación completa del explosivo.

Cuando se emplea una máquina para voladuras, todos los circuitos deben ser conectados en serie o series en paralelo; esto se hace enlazando uno de los alambres de cada barreno con un alambre del barreno siguiente, hasta terminar de manera que no queden más que dos extremos libres, que son los que deben conectarse con las puntas del alambre conductor del explosor o máquina para voladuras como puede verse en la figura 32.

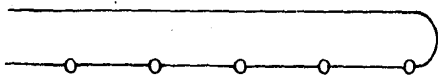


Figura 32

Algunos pobladores prefieren valerse de un método algo distinto, -

que permite omitir el alambre de conexión o intermedio como se ve en la figura 33.



Figura 33

En la figura 34 se muestra un método de conexión en serie para dos hileras de barrenos, el cual resulta especialmente ventajoso cuando las dos hileras se disparan con estopines eléctricos.

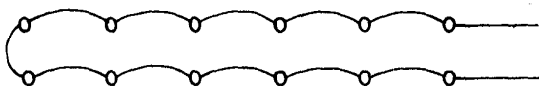


Figura 34

El método para establecer una conexión en serie cuando se tienen tres hilos de barrenos y se emplean estopines eléctricos, puede verse en la figura 35.

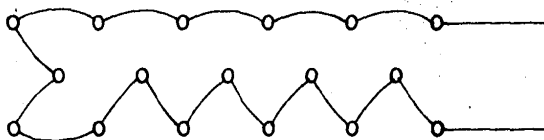


Figura 35

Para la conexión en serie en cualquier forma que sean el amperaje de la corriente debe ser de 1.5 amperes. Por lo tanto, de acuerdo con la ley de Ohm según la cual la tensión es igual a la resistencia multiplicada por la intensidad, el voltaje requerido para un circuito en serie cualquiera, puede determinarse calculando la resistencia de dicho circuito y multiplicándola por 1.5. -

Esta resistencia que presenta cualquier circuito, se encuentra tomando como punto de referencia, las tablas que los fabricantes de explosivos han formado para todos los tipos de estopines.

Otro método de conexión para voladuras por medio de corriente -- tomada de un circuito de alumbrado o de una planta de luz, es el de conexión en paralelo como puede observarse en las figuras siguientes: 36 y 37

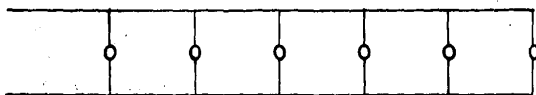


Figura 36

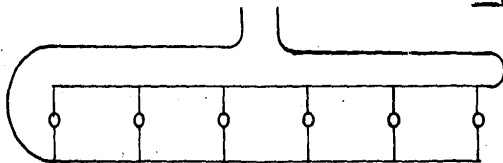


Figura 37

Para el circuito en paralelo, conviene calcular 0.6 amperes por detonador.

Cuando los estopines de una o varias hileras de barrenos, están --- conectadas en serie por grupos y estos grupos se hallan encontrados en --- paralelo, como en la figura 38 se dice que son "Series en paralelo".

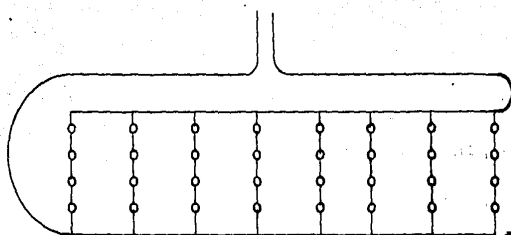


Figura 38

La máquina eléctrica para voladuras llamada también explosor, es un aparato que genera corriente para el disparo de los barrenos por electricidad. En realidad son unos pequeños dínamos portátiles, cuyo inducido gira cuando se empuja una cremallera convirtiendo así la energía muscular en energía eléctrica. Existen varios tipos de explosores - cuyas características son el voltaje diferente en cada uno.

Para cargar los barrenos con cartuchos de dinamita, hay que probar primero el barreno con una varilla de madera llamada "fainero", para ver si tiene la profundidad y el diámetro necesarios. Después deben meterse los cartuchos de uno en uno empujándolos con la misma varilla. La espoleta debe ir al último, cuidándose de no quedar vacío en torno a la carga, para lo cual se raja la envoltura de los cartuchos longitudinalmente con una navaja, a fin de que al presionarlos con el fainero, aumenten de diámetro acortándose en su longitud, hasta ocupar todo el espacio del barreno. Generalmente se mete después de la dinamita un puñado de papel seco, hojas o trapo para no maltratar el fulminante, haciendo después el "taco" preferentemente con arcilla, debiendo quedar tan apretado como sea posible (Fig. 39)

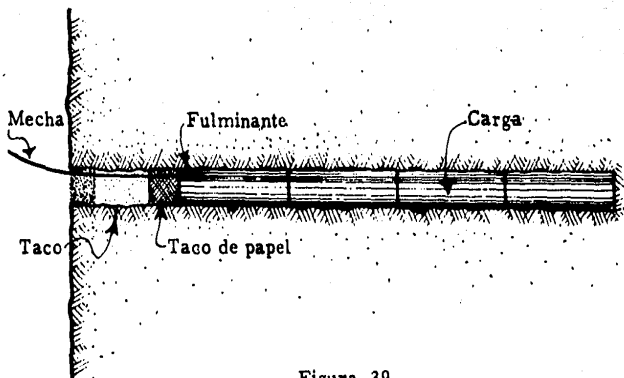


Figura 39

Al analizar un trabajo de perforación y voladura, hay tres factores que deben ser considerados :

- 1.- Los metros cúbicos de roca por metro lineal de perforación que pueden obtenerse.
- 2.- El número de kilogramos de explosivos necesarios para fragmentar un metro cúbico de roca.
- 3.- El número de kilogramos de explosivos por metro lineal de perforación.

La relación entre estos tres factores, está consignada en la tabla --

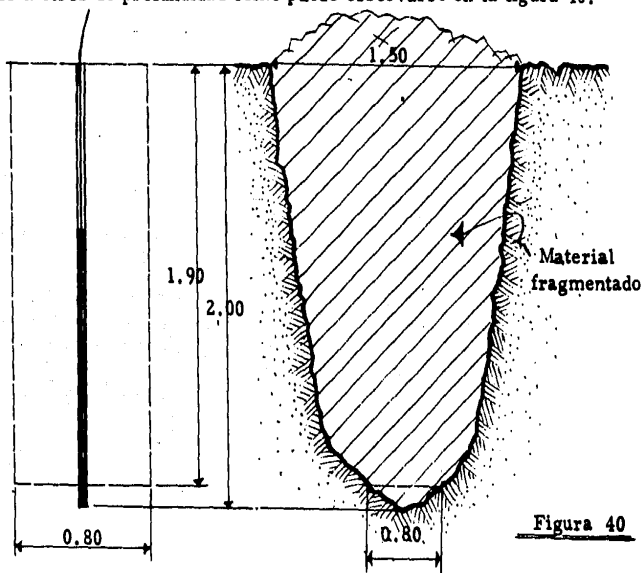
No. VI .- Los volúmenes de roca por metro lineal de perforación, --- están basados en la profundidad neta de los agujeros y no incluye sub-barre nación, la cual frecuentemente es necesaria. Los kilogramos de explosivos por metro lineal de perforación, se refieren a cargas con dinamita del 60% y los kilogramos de explosivo por metro cúbico de roca están anotados para retacamientos con dinamita en barrenos al 100%, 75% y 50% de su capacidad total. Estos son valores experimentales que deberán modificarse según -- pruebas en el terreno para obtener mejores resultados.

Barreno	Influencia M2	Vol. de roca por ML de perforación M3	Explosivos por ML de perforación Kg.	Kg. explosivos/M3 de roca		
				% relleno del barreno		
				100	75	50
3.8 Cm. (1-1/2")	1.50	1.50	1.34	0.90	0.68	0.45
	2.30	2.30	1.34	0.58	0.43	0.29
	3.30	3.35	1.34	0.40	0.30	0.20
	4.60	4.55	1.34	0.30	0.23	0.15
5.0 Cm. (2 ")	2.30	2.30	2.53	1.10	0.82	0.55
	3.30	3.30	2.53	0.76	0.57	0.38
	4.60	4.60	2.53	0.56	0.42	0.28
	5.90	5.90	2.53	0.42	0.32	0.21
7.5 Cm. (3 ")	4.60	4.60	5.80	1.26	0.95	0.63
	5.90	5.90	5.80	0.98	0.74	0.49
	7.50	7.50	5.80	0.78	0.58	0.39
	9.30	9.30	5.80	0.62	0.47	0.31
	11.20	11.20	5.80	0.52	0.39	0.26
10.0 Cm. (4 ")	5.90	5.90	11.20	1.88	1.41	0.94
	9.30	9.30	11.20	1.21	0.90	0.61
	13.40	13.40	11.20	0.84	0.63	0.42
	18.20	18.20	11.20	0.62	0.46	0.31
	23.80	12.80	11.20	0.48	0.35	0.24
12.5 Cm. (5 ")	13.40	13.40	16.20	1.22	0.91	0.61
	18.20	18.20	16.20	0.90	0.67	0.45
	23.80	23.80	16.20	0.68	0.51	0.34
	30.20	30.20	16.20	0.54	0.40	0.27
	37.20	37.20	16.20	0.43	0.33	0.22
15.0 Cm. (6 ")	13.40	13.40	23.20	1.74	1.30	0.87
	18.20	18.20	23.20	1.22	0.91	0.61
	23.80	23.80	23.20	0.97	0.73	0.49
	30.20	30.20	23.20	0.77	0.58	0.39
	37.20	37.20	23.20	0.62	0.47	0.31
	53.50	53.50	23.20	0.43	0.33	0.22

TABLA VI

En la construcción del oleoducto Angostura-Veracruz, tuvo que -- recurrirse al empleo de barrenación y explosivos tanto para una parte de la apertura de la zanja, como para los cortes que se tuvieron que hacer -- en las laderas de los cerros, que permitieron que la línea tuviera en es-- tos lugares una plantilla horizontal para el tránsito del equipo.. A pesar de la especificación relativa a que la tubería debería seguir en lo posible el relieve del terreno, hubo algunos puntos en que este fué tan pronuncia-- do, que hubo necesidad también de efectuar cortes.

Para la zanja, lo primero que se hizo fué disparar unos barrenos de prueba para determinar la profundidad y el espaciamiento más conve-- niente entre los mismos, habiéndose llegado a la conclusión de utilizar -- en los lugares en que el material fué menos duro, barrenación al centro -- con dos metros de profundidad como puede observarse en la figura 40.



El espaciamiento entre barrenos a lo largo de la línea resultó de un metro, confirmándose la teoría de que un barreno saca un cono de material de aproximadamente 30° como puede verse en la figura 41.-

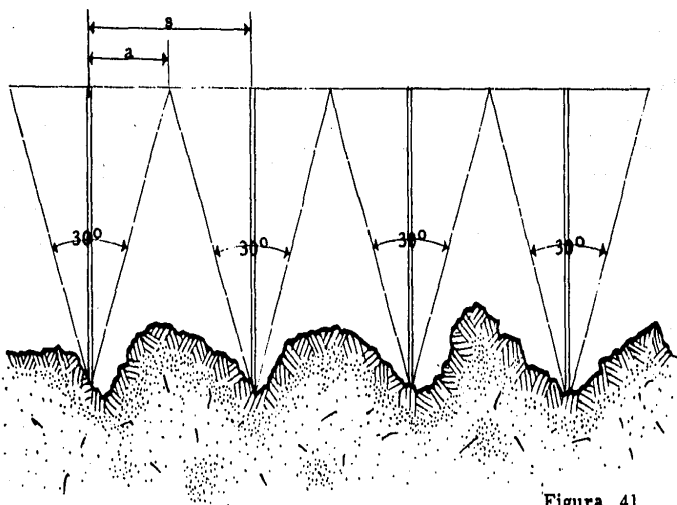


Figura 41

$$\tan 15^{\circ} = \frac{a}{200} \quad ; a = 200 \times \tan 15^{\circ} = 200 \times 0.268 = 53.7 \text{ cm.}$$

$$s = \text{Separación entre barrenos} = 2a = 107.4 \text{ cms.}$$

En aquellos lugares en que el material fue apareciendo mas duro, se cambió la situación de los barrenos a los lados de la zanja, con una disposición semejante a la que puede verse en la figura 42 .-

La razón para ello, se apoya en el hecho de que al explotar el material, debido a su dureza, aguanta la explosión desde las líneas AA' hacia afuera de la zanja, fragmentándose el material del interior de la misma, inclusive puede observarse en algunos lugares rocosos que han sido volados,-

como en las paredes aparecen medias cañas, residuo de lo que fué un barrenno , resultado de que la pared posterior aguantó la onda explosiva y - todo el material se desplombó hacia delante. -

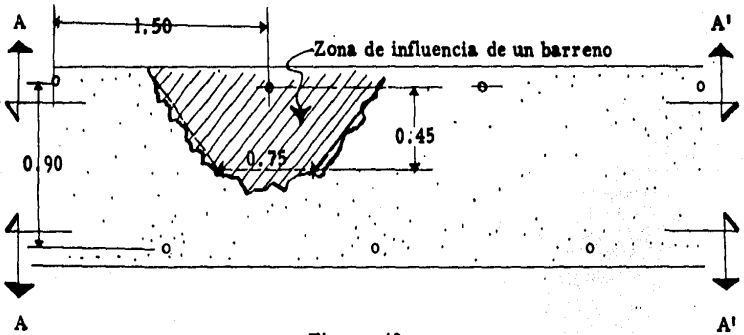


Figura 42

Si en una zanja de material duro se coloca barrenación al centro, la sección a la hora de volar queda como se indica en la figura 43 , pero si se hace barrenación a los lados, queda como se observa en la figura 44.

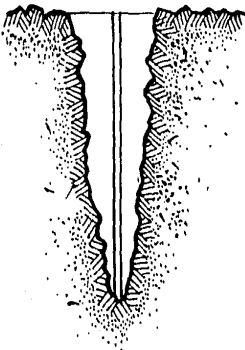


Figura 43

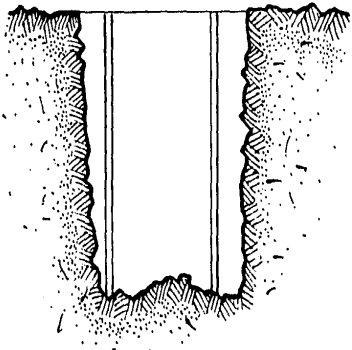


Figura 44

En todo el trabajo se usó gelatina extra del 40% por ser la mas -- conveniente en vista del material que se hubo de volar, así como para obtener una buena fragmentación del mismo, habiéndose utilizado un promedio de 500 gramos por metro cúbico de roca. - Luego entonces los barrenos del centro se cargaron con un kilogramo cada uno en vista de que sacan 2 metros cúbicos , y la barrenación lateral con:

$$\frac{1.50 + 0.75}{2} \times 0.45 \times 2.00 \times 0.500 = 500 \text{ gramos.}$$

En cuanto a los cortes, la razón para hacerlos puede observarse en la figura 45 .-

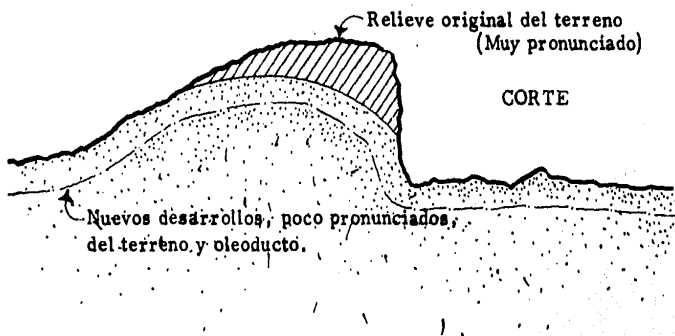


Figura 45

De esta manera, la tubería podía ir siguiendo las irregularidades del terreno sin gran esfuerzo. -

El método usado para atacar estos cortes, fué el mismo que se utiliza cuando se presenta cualquier corte en un trabajo de caminos ó ferrocarriles. - (Fig. 46)

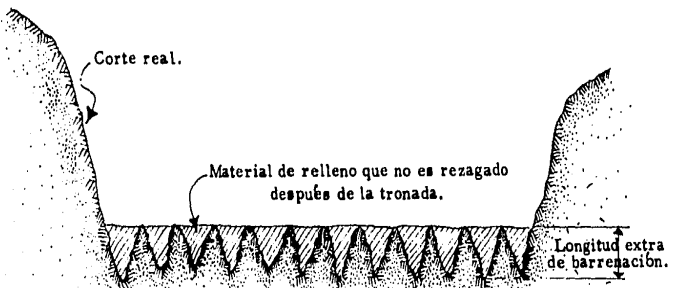
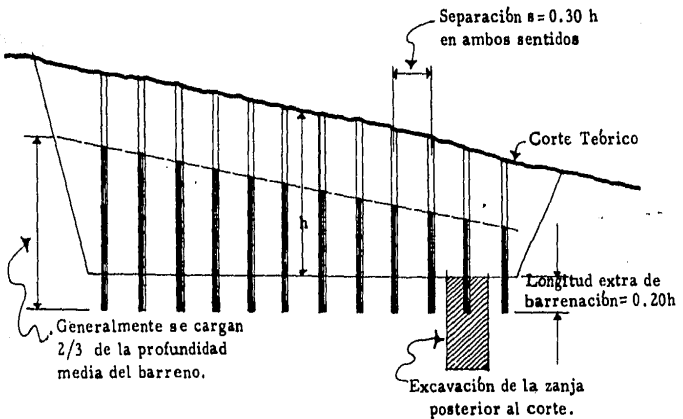


Figura 46

La altura máxima de estos cortes fué entre 3 y 4 metros y en vista de que el consumo de dinamita fué de 500 gramos por metro cúbico, cada barreno fué cargado como se indica en la figura 47 que nos representa el pueble que se hizo para este tipo de excavaciones. -

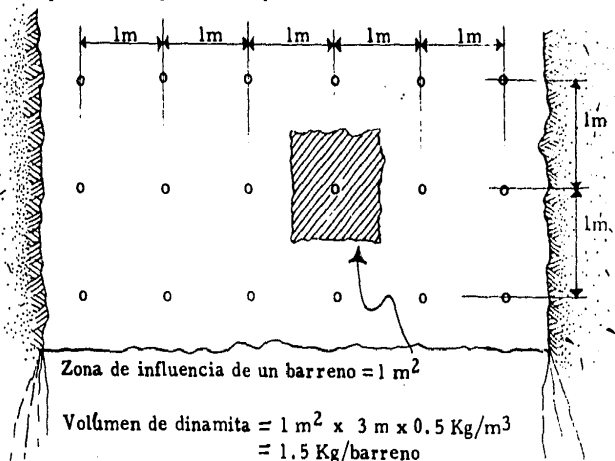


Figura 47

En éste caso, se obtiene por cada metro lineal de perforación un metro cúbico de roca. - En cortes cuya altura sea mayor de los 4 mts., generalmente la barrenación se abre en una proporción tal que aunque el costo de dinamita disminuya, no por ello se obtenga material fragmentado de tal tamaño que no lo pueda manejar el equipo de excavación. -

Además es conveniente en este último tipo de cortes, recurrir al empleo de estopines eléctricos de tiempo colocándolos en la forma en que se indica en la figura 48, lográndose como ventaja, que parte del material se desaloje hacia los lados del corte, no teniendo que ser removido. -

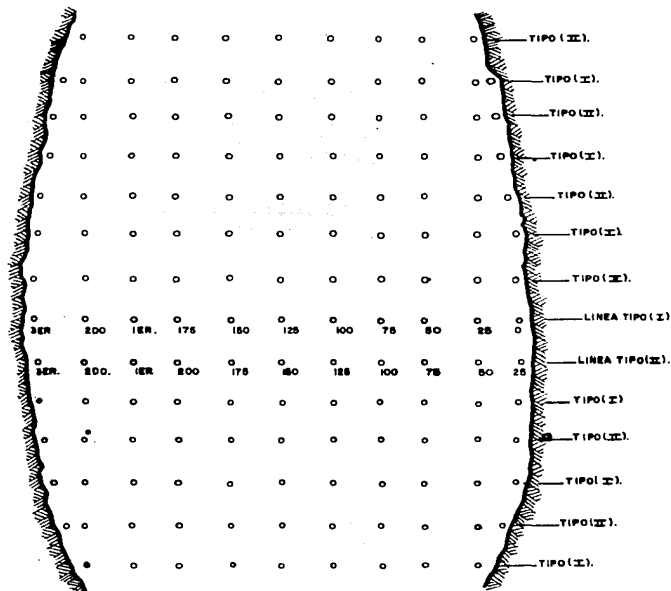
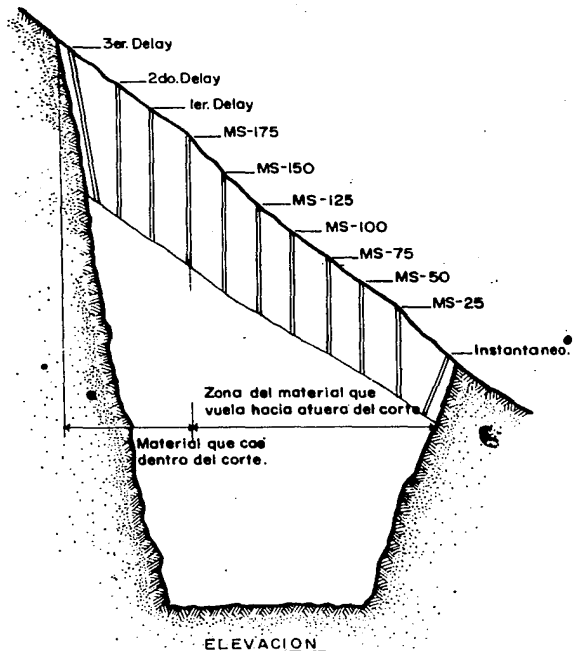


FIGURA N.º 48

Las excavaciones en balcón fueron del tipo y para el objeto, que se muestra en la figura 49 .-

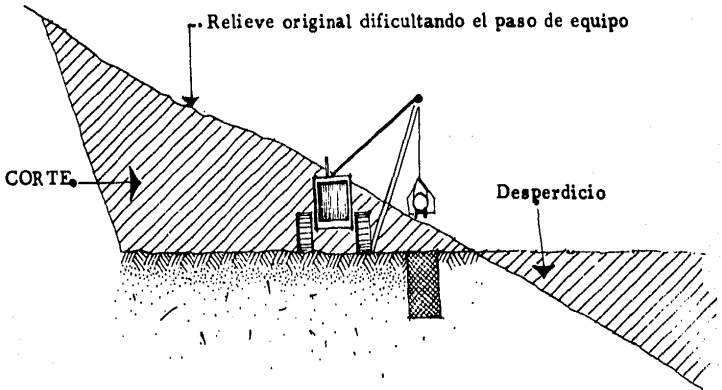


Figura 49

La barrenación y pueble para este caso, se efectuaron de la manera como se indica en la figura 50 .-

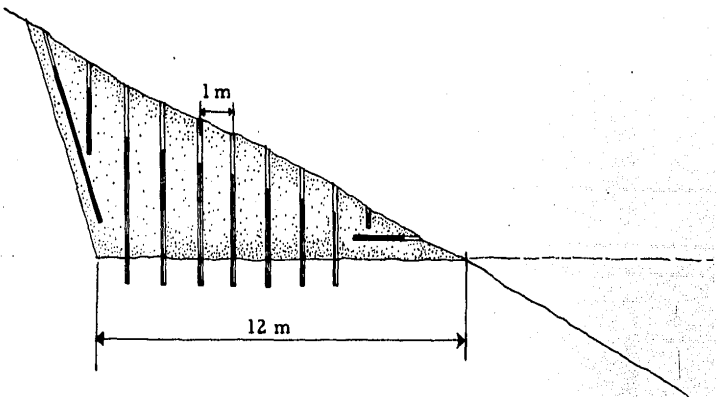


Figura 50

SOLDADURA. - Para esta fase, en la que de una manera semejante a la protección, depende fundamentalmente el éxito del funcionamiento de un oleoducto, se usó en la totalidad soldadura eléctrica procediéndose de la siguiente manera: Por la parte interior de la tubería se fué corriendo -- un alineador interior como el que puede verse en la figura 51.

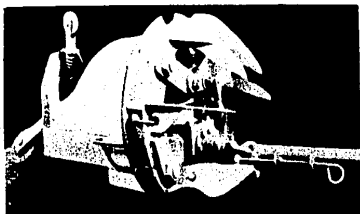


Figura 51

Este aparato sirve para --
empatar perfectamente dos --
tubos que van a ser soldados.

A fin de poder levantar la
tubería y acomodarla para ser
alineada y soldada, se utilizó

un tractor Caterpillar D-7 equipado con pluma lateral y tenaza de 20" --
como lo muestra la figura 52.



Figura 52

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

El procedimiento utilizado para el fondeo consistió en colocar a -- 2 soldadores trabajando en la misma junta, empezando a soldar desde el punto más alto hacia abajo, como puede verse en la figura 53. - En tuberías mayores (desde 22") se pueden colocar 3 soldadores trabajando cada uno 120°.



Figura 53

El tipo de soldadoras utilizado fué de 200 amperes, y debido a que el tiempo necesario para colocar el primer cordón, es más corto que para el terminado, hubo necesidad de montar a las máquinas soldadoras del --- primer grupo, en un camión de redilas para que pudieran irse desalojando con facilidad a medida que iban terminando cada junta. Para mover las -- soldadoras de acabado se utilizó un jeep.

Aparte de la cuadrilla de soldadura de línea, se integró una cuadrilla de reparación para aquellas soldaduras que marcaba defectuosas, la inspección radiográfica, con el equipo descrito en el Capítulo III.

En la soldadura al arco eléctrico, las piezas de metal que se desean soldar, se calientan a una temperatura apropiada para ello en el punto de contacto. Por el calor liberado en las terminales del arco y en el flujo de éste, los metales quedan completamente fundidos uno con otro, formando una sola masa homogénea y compacta, después de que se solidifica.

Un arco eléctrico no es mas que una chispa sostenida entre dos terminales o electrodos. En la soldadura al arco, éste se forma entre el trabajo que se va a soldar y un electrodo sostenido con un porta-electrodos apropiado. En el instante en que se forma el arco, entre el punto a soldar y el electrodo, la temperatura del trabajo llega a cerca de los 3600° C.

Este calor que se encuentra concentrado en un punto, funde un charco pequeño del metal en el trabajo y calienta el extremo del electrodo. (Ver Fig. 54)

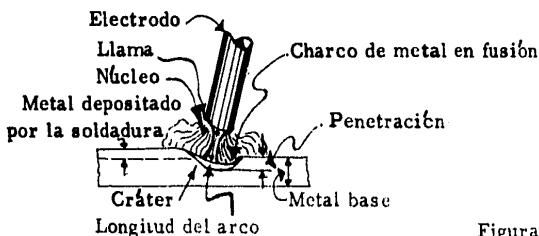


Figura 54

El metal adicional que se requiere se obtiene del mismo, en caso de que sea un electrodo metálico, o por medio de una varilla para soldadura que es introducida dentro del arco, fundida y depositada. La varilla de soldadura puede ser usada indistintamente con un electrodo metálico o de carbón.

Cuando el electrodo se calienta, se forman glóbulos pequeños de metal fundido. Dichos glóbulos son forzados entonces a través del arco y depositados en el asiento fundido que los espera en el trabajo. Los glóbulos son impulsados efectivamente a través del arco y no dejados caer, pues la fuerza de gravedad no hace mas que ayudar a efectuar el depósito de metal cuando el trabajo es plano.

Este es el hecho que permite el uso de la soldadura al arco metálico en soldaduras de sobre-cabeza.

En la soldadura al arco de carbono el arco es formado entre el trabajo y una varilla de carbono sostenida en el porta-electrodo. El calor del arco funde un charco pequeño de la superficie del trabajo que se va a soldar. Este charco se conserva fundido y se agrega metal adicional para formar la soldadura por medio de una varilla hecha para el objeto. La soldadura al arco de carbono es un procedimiento de depósito por gravedad y no es aplicable a soldaduras de sobre-cabeza o verticales. Su mayor aplicación consiste en la soldadura automática o en aplicaciones especializadas.

El acero fundido tiene afinidad por el oxígeno y el nitrógeno y ---- cuando está expuesto al aire, entra en combinación química con ellos para formar óxido y nitruros en el acero. Estas impurezas tienen a debilitarlo y a volverlo quebradizo, al igual que a disminuir la resistencia contra la corrosión.

En el arco común y corriente, los glóbulos fundidos que pasan del electrodo al trabajo están expuestos a la atmósfera del ambiente que contiene principalmente oxígeno y nitrógeno. El metal base fundido también está expuesto a estos elementos. Si durante el procedimiento de fusión se protege el metal del contacto con la atmósfera del ambiente, no puede tener lugar la combinación química perjudicial; esto puede lograrse protegiendo completamente el arco.

Es posible proteger un arco envolviéndolo dentro de un gas inerte, el que no entrará en combinación química con el metal fundido y que al mismo tiempo evitará su contacto con el oxígeno y nitrógeno atmosféricos.

(Ver Fig. 55)

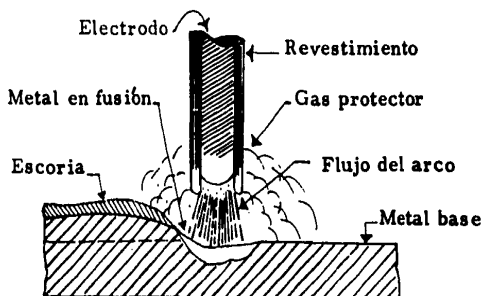


Figura 55

Las soldaduras hechas con un arco completamente protegido carecen en alto grado de óxido y nitruros, y en consecuencia están constituidas de metal que tiene características físicas superiores al que deposita un arco común y corriente. Por ejemplo, soldaduras hechas con un arco protegido tienen una resistencia de tensión de 4220 a 5270 kilogramos por centímetro cuadrado, lo que representa una resistencia de tensión mayor de 20% a 50% que la indicada por soldaduras depositadas por un arco ordinario. La ductilidad de soldaduras hechas con un arco protegido muestra un promedio mayor en 100 a 200%. La resistencia contra la corrosión de soldaduras 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.

Cuando se suelda a mano se obtiene un arco protegido mediante el uso de tipos específicos de electrodos que tienen un revestimiento grueso.

El revestimiento del electrodo se consume en el arco a un promedio más lento que el promedio de depósito del metal del electrodo. Como resultado de esto, el revestimiento se extiende más allá del núcleo metálico del electrodo y sirve para dirigir y concentrar el flujo del arco.

La acción del arco sobre el revestimiento del electrodo resulta en una formación de escoria que flota por encima del metal de soldadura fundido y lo protege de la atmósfera del ambiente mientras se enfría. Una vez que el metal de soldadura se ha enfriado lo suficiente, la escoria ----

Puede removerse con facilidad.

La soldadura al arco requiere un suministro continuo de corriente eléctrica, suficiente en cantidad y del voltaje apropiado. El voltaje a través del arco tendrá una variación desde unos 15 voltios hasta 45 voltios y, mientras está en operación, varía constantemente debido a cambios en las condiciones del arco. Las fluctuaciones en la corriente varían desde 20 a 25 amperios hasta, en algunos casos, tan altas como 600 a 800 amperios; puede utilizarse tanta corriente continua como corriente alterna; sin embargo, la primera se usa más comúnmente.

Por regla general se requiere un generador para soldar con el fin de efectuar una gran variedad de trabajos. Uno que ofrezca una gran variedad de características de voltamperios permitirá de esta manera que el soldador seleccione el tipo de curva o característica mejor adaptada para la clase de trabajo que se está haciendo; unos cuantos ejemplos ilustrarán este punto.

Para material delgado, como acero de calibre 18, es de preferirse una marca alta de la regulación del voltaje, y una marca baja de la regulación del amperaje, con lo que se produce una curva como la 1, figura 56.-

Como la corriente aumenta o cambia solamente una cantidad reducida, existe menos tendencia para "perforar" con esta característica.

Ahora bien, supongamos que se trata de soldar una pieza fundida y

se desea tener el mismo amperaje e igual voltaje en el arco, pero se tienen otras problemas que resolver, entre los cuales no se considera el del peligro de perforar; en este caso es de preferirse una curva como la 2, -- figura 56.- El circuito abierto o la regulación del voltaje que no se utiliza es un poco más bajo, y la marca de la regulación del amperaje es un poco más alta. Sin embargo, obsérvese que los voltios y amperios para la soldadura son los mismos en ambos casos.

Para trabajos de construcción a la intemperie como el caso del -- oleoducto, cuando el problema del viento es serio, se requiere un arco -- que no se "apague". Es de preferirse una curva pronunciada, la que re-- presenta un arco cuya corriente permanece constante al alargarse éste, véase la curva 3 figura 56.- Por otro lado es posible que se requieran un amperaje y un voltaje del arco que sean iguales a los anteriores, para un trabajo de sobre-cabeza en una tubería, en cuyo caso se preferirá una curva como la 4, en la que la corriente aumenta al acortarse el arco, -- suministrando fuerza adicional para ayudar a empujar el metal hacia arriba.

Se ha explicado esto, para demostrar la conveniencia práctica de no solo poder variar la cantidad de corriente, sino variar las características de la misma, cambiando la posición y la inclinación de la curva de voltamperios.

Todas estas curvas pueden apreciarse en la figura 56 a la que

ya nos hemos referido.

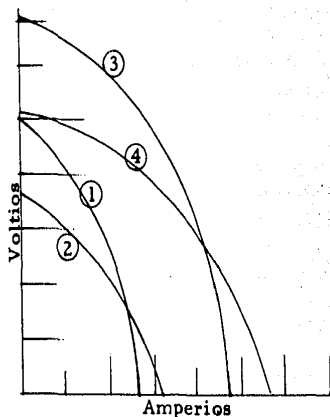


Figura 56

La corriente para soldar es conducida del generador al trabajo, -- por medio de un cable de cobre de hilos múltiples bien aislado. La dirección usual del paso de la corriente para soldar, cuando se trata de electrodos desnudos o lavados es: Del generador al trabajo, al electrodo, a través del porta-electrodo, y a través de otro cable a la máquina. Esto se conoce con el nombre de polaridad directa y en el dibujo reproducido en la figura 57 puede ser observado.

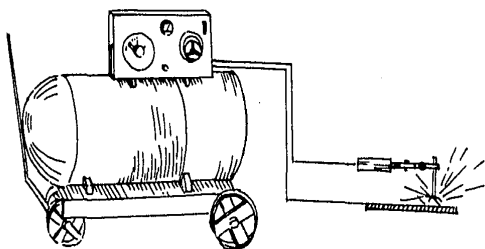


Figura 57

Un porta-electrodo es simplemente una herramienta para sostener al electrodo que tiene un mango para poder cogerlo con la mano. La corriente para soldar es conducida a través del porta-electrodo al electrodo, o viceversa. El mecanismo es de tal construcción que permite poder sostener al electrodo firmemente, además de facilitar el cambio rápido y conveniente de los mismos y ofrecer un contacto eléctrico.

Los electrodos que se utilizan en los procedimientos de soldadura al arco eléctrico como explicamos antes, pueden ser indistintamente de metal o de carbono, según la clase de trabajo que se desee soldar y otras exigencias en la aplicación. Para la soldadura a mano se usa generalmente el electrodo metálico que se fabrica en tamaños cuyos diámetros varían desde 1.59 mm. hasta 9.53 mm. y mayores.

El tamaño correcto del electrodo se determina para las exigencias de la soldadura y del material que se desea soldar; la composición de ellos varía según el tipo de trabajo y del material en que se va a soldar.

Para soldar y cortar a mano, se fabrican electrodos de carbono en tamaños cuyo diámetro comprende desde 3.96 hasta 25.40 mm.

Para proteger la cara y los ojos del operario de los rayos directos del arco, es indispensable usar una careta o protector. Estos protectores por regla general están contruidos de fibra aislante comprimida, de un color negro para reducir los reflejos. Van provistos de una ventanilla de cristal que debe ser de una composición que pueda absorber los -

rayos infra-rojos, los rayos ultra-violeta y la mayoría de los rayos ----
visibles que emanan del arco.

Durante el procedimiento de soldadura, algunas chispas y glóbulos
de metal fundido son lanzados por el arco, es por eso conveniente que al
soldador se le equipe con delantales y guantes protectores fabricados pa-
ra el efecto.

Para la inspección de las soldaduras se utilizó durante la cons---
trucción de este oleoducto el método de radiografías.

La radiografía utiliza dos propiedades de la radiación gamma: --
Su habilidad para penetrar materiales sólidos y gruesos y su acción obs-
curecedora sobre la película fotográfica. Los procedimientos conven---
cionales antes del desarrollo de la radiografía, comprendían el corte de
una soldadura para su examen, o sea un método extremadamente inexac-
to, costoso y consumidor de tiempo. Los métodos anteriores fallaron -
en el descubrimiento de muchos de los 21 tipos de defectos en la solda-
dura, pero los rayos gamma descubrieron a todos ellos y proporcionaron
a la vez un record permanentemente filmado.

El método que se sigue, es envolver la soldadura con película fo-
tográfica que abarca 180° , posteriormente se saca de un recipiente de -
plomo una pastilla que generalmente es de cobalto radioactivo con unas -
tenazas largas a fin de evitar que los rayos atómicos dañen al operador.
Posteriormente se hace la misma operación con el semi-círculo que ----

queda y la película es enviada al laboratorio fotográfico móvil que se va desalojando paralelamente a la fase de soldadura en donde al revelarse estas pruebas puede deducirse con toda exactitud la calidad de la soldadura inspeccionada.

PROTECCION. - En todas las obras de Ingeniería Civil, existe un grupo de trabajos que son comunes a muchas de ellas y otro de procedimientos especiales para un tipo determinado. En el caso concreto de la construcción de oleoductos, es la protección el detalle característico de los mismos. Esta protección tiene como objetivo primordial evitar la corrosión de la tubería, cuyo agente principalísimo es el agua.

La forma como se produce la corrosión es la siguiente:

La humedad y el agua que siempre están presentes en el subsuelo, disuelven sus sales formando soluciones de diversas concentraciones. -- Estas soluciones son el electrolito, de manera similar al que existe en una batería, el cual es un conductor que permite a la corriente eléctrica fluir del ánodo al cátodo (Ver Fig. 58). Además al establecerse la corriente, acarrea partículas de metal del ánodo (tubo) hacia el cátodo (subsuelo) --- provocando así el deterioro de la tubería o en otras palabras, corroyen--- dolo. Así que la finalidad del recubrimiento será evitar el paso de la co-- rriente aislando la cara exterior del tubo con un material que sea perma-- nentemente resistente al paso del agua.

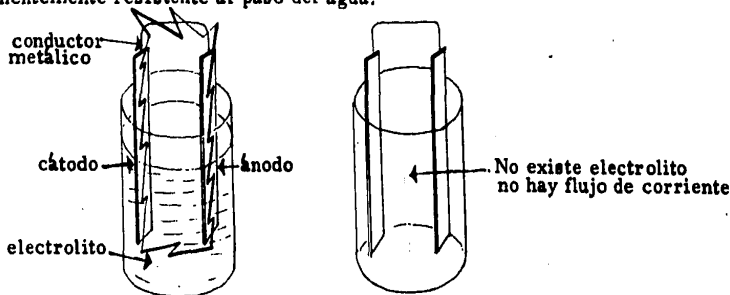


Figura 58

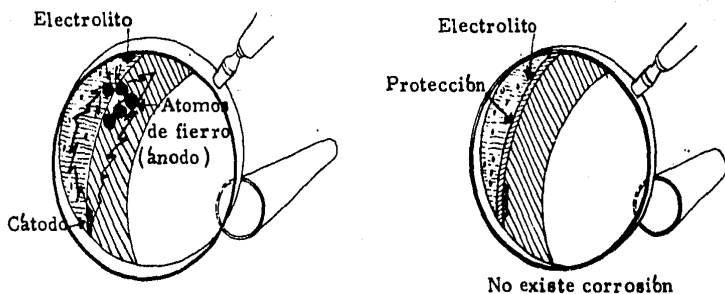


Figura 58

Sin embargo debido a los posibles errores en el recubrimiento de la tubería, es prácticamente imposible instalarla sin pequeñas porciones que no tengan el recubrimiento requerido. Desde el momento en que esto ocurre, habrá un flujo de corriente y por lo tanto corrosión. Es precisamente para evitarla para lo que se instala la protección catódica, que consiste en prevenir este flujo de corriente oponiéndole otra de mayor fuerza en dirección contraria.

Esta fuerza opuesta o neutralizadora, se proporciona generalmente haciendo pasar una corriente eléctrica de líneas exteriores a través de un rectificador o placas metálicas de sacrificio compuestas de magnesio, aluminio, o zinc; consiguiéndose así que estas sean desintegradas en vez de la tubería. (Fig. 59) Estas unidades de protección catódica, que proporcionan la corriente neutralizadora, están localizadas a intervalos calculados según la capacidad eléctrica del subsuelo.

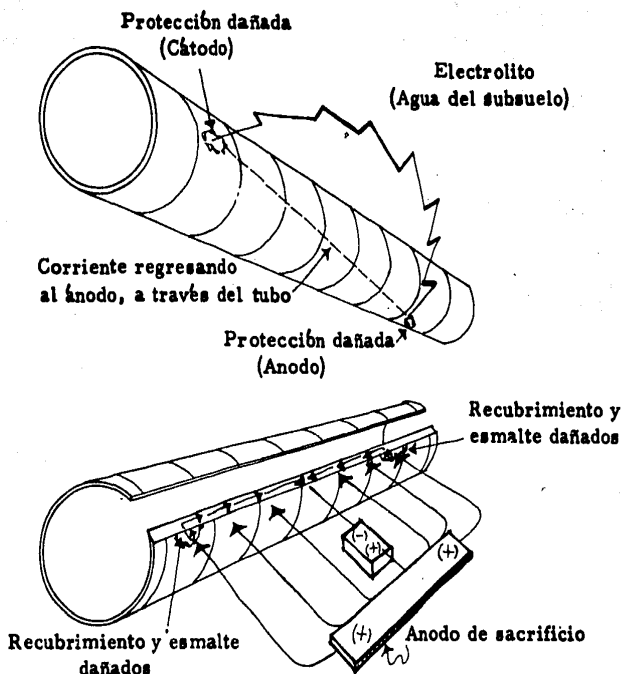


Figura 59

Sin embargo, los estudios del mismo pueden indicar que en algunas ocasiones, la corrosividad en los terrenos por donde la tubería va a pasar, no es suficientemente grande para requerir una protección fuerte de la tubería. Pero después de que esta se ha tapado, las condiciones de corrosividad pueden cambiar completamente debido a la instalación cercana de

otra tubería, líneas eléctricas o plantas industriales. Como resultado de estas instalaciones puede aparecer una corrosión acelerada y, a menos - que sea controlada, pueden desarrollarse gran número de fugas.

Entre las propiedades más importantes del recubrimiento, además de evitar el contacto del agua con la tubería, podemos anotar una adhesión efectiva al tubo, resistencia a los agentes químicos, resistencia a ser disuelto por los aceites del petróleo, resistencia a agentes físicos, resistencia a los cambios de temperatura. Todas estas características vienen a resumirse en una consistencia suficiente para prevenir su destrucción y no caer en el problema de la corrosión.

Como una protección efectiva y permanente para una tubería, requiere que el recubrimiento protector esté vinculado firme y continuamente con la tubería misma, este debe ser aplicado en superficies limpias.

Entre la superficie del tubo y la capa protectora, deberá estar una pintura de imprimación para asegurar la máxima adhesión entre ambos. En la capa de protección del tubo el esmalte compuesto de alquitrán de carbón, es el principal elemento de resistencia al ataque de los agentes corrosivos del subsuelo.

Cubriendo la capa de esmalte, se encuentra una capa compuesta de fibra de vidrio a manera de envoltura; el principal propósito de esta cubierta es proteger el esmalte de los golpes y esfuerzos recibidos durante la instalación de la tubería en la zanja, pudiendo ser capaz de tomar parte

de los esfuerzos de tensión que el esmalte no toma.

En la figura 60 puede verse la forma como se va protegiendo la tubería paso a paso.

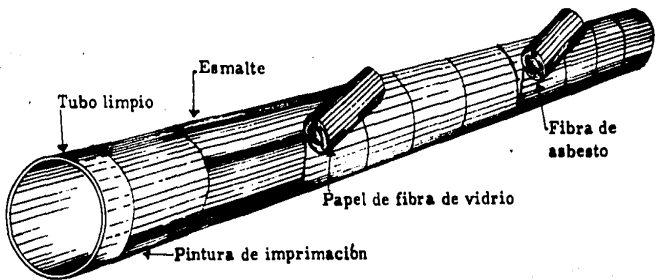


Figura 60

Actualmente la protección para las tuberías se aplica mecánicamente. Los recubrimientos son colocados por medio de máquinas viajeras especialmente diseñadas para tal propósito. La operación combinada de rasqueteo y pintura se hace en el campo por medio de una unidad semejante a la que se muestra en la figura 61. Asimismo la aplicación del esmalte y la envoltura se hace con una máquina como se ve en la figura 62.

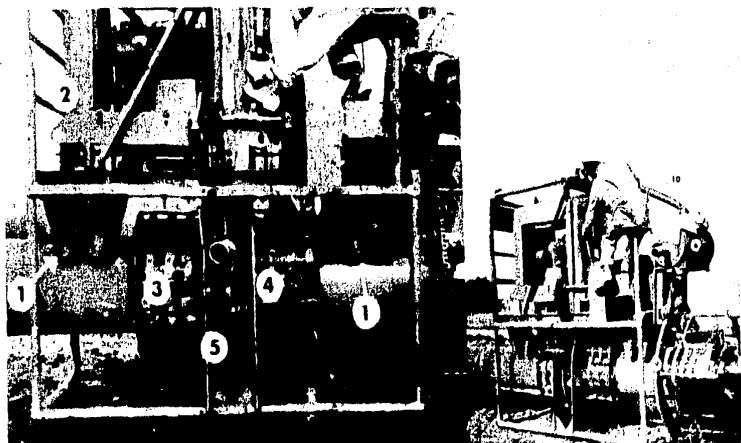


Figura 61

La máquina de limpia e imprimación llamada generalmente "Rasqueteadora y Pintora" se coloca introduciéndola por uno de los extremos de la tubería. Como se indica en la figura 61 la máquina se mueve hacia adelante gracias a un tren de ruedas (1) que corre a lo largo de la parte superior de la tubería y que están accionadas por una flecha que parte de un motor de gasolina (2). Las cabezas limpiadoras (3) y (4) giran alrededor del tubo al mismo tiempo que la máquina avanza. Estas cabezas limpiadoras están equipadas con hileras de cuchillas y cepillos de alambre que se sostienen ajustados contra las caras del tubo por medio de unos resortes. La cabeza limpiadora delantera (3) lleva dos hileras de cuchi-

llas y una de cepillos, y la cabeza limpiadora trasera (4) únicamente cepillos (Fig. 61). Las cuchillas adecuadamente ajustadas a la superficie del tubo remueven todo el moho, el sobrante de soldadura, etc.; los cepillos sirven para quitar todos los residuos debidos a las cuchillas. Como se muestra en la figura 61 las cabezas limpiadoras están accionadas por cadenas (5).

La pintura de imprimación fluye de un tanque colocado en la posición que se indica en la figura 61. Los números (7) y (8) corresponden a un pedazo de alfombra giratorio y a un dispositivo de cepillado respectivamente que giran accionados por una cadena (9). Este mecanismo extiende la pintura de imprimación uniformemente sobre la superficie de la tubería al mismo tiempo que la máquina se mueve hacia adelante.

La pintura de imprimación es calentada mediante el calor que sale por el escape de la máquina a través de una manguera flexible conectada a éste y en su otro extremo a una camisa que rodea al tanque en que se almacena la pintura. Con este calentamiento se evita la necesidad de usar adelgazadores y disolventes.

La esmaltadora y envolvedora (Fig. 62) está movida e impulsada por un motor de gasolina (1) usualmente provisto de tres velocidades -- hacia adelante y una hacia atrás. Esta máquina se mueve montada en un tren de ruedas de hule (2) que se mueve sobre la superficie del tubo. El esmalte caliente es alimentado desde un calentador que se mueve preci-

samente a un lado de la máquina de envoltura y protección y es extraído - por medio de una bomba (3) a través de una manguera flexible y colocada en un tanque (4) en la parte inferior de la máquina. Otra bomba (5) mueve al esmalte hacia arriba a través de una tubería (6) y lo vierte en un anillo rociador (7), que es el que lo aplica a la tubería del oleoducto. El anillo rociador distribuye uniformemente el esmalte caliente en toda la circunferencia del tubo, gracias a unos orificios debidamente espaciados. Todo lo sobrante cae en una charola, la cual lo hace circular nuevamente hacia el anillo rociador. Además de este último, existen en la parte anterior de él, dos arcos rociadores que cubren perfectamente de esmalte la parte inferior del tubo, antes de que éste pase por el anillo rociador, lográndose así un mayor espesor de esta capa en la parte inferior de la tubería. Al mismo tiempo que la máquina se mueve hacia adelante se aplica la envoltura de fibra de vidrio, mientras el esmalte está aún caliente.

Esta envoltura viene en rollos (10) que son montados sobre unos brazos accionados por una cadena (11), de modo que al girar y caminar hacia adelante, hacen el efecto necesario de envoltura en espiral. Para proporcionar un trabajo uniforme y del espesor especificado, el operador deberá ajustar la tensión de los rollos de envoltura por medio de una válvula (12)

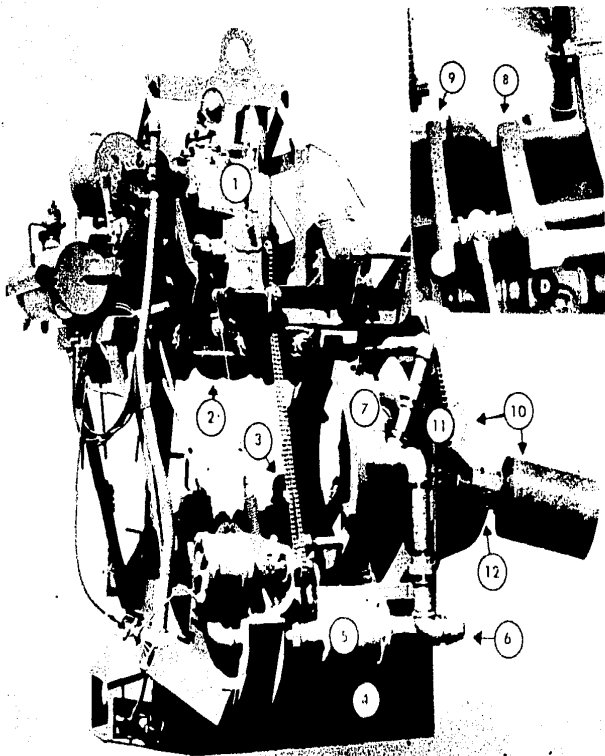


Figura 62

El calentamiento adecuado del esmalte, es uno de los pasos más importantes para el éxito de la aplicación del mismo. Aunque se aplique un buen esmalte, las características de protección serán menores si no es calentado apegándose estrictamente a las especificaciones relativas.

La temperatura correcta depende en gran parte del uso de calentadores adecuados y de la eficiencia que resulta al manejar correctamen-

te este equipo. Un calentador de estos cuando está correctamente operado, debe ser capaz de mantener el producto a la temperatura requerida -- por especificación, agitándolo debidamente. Pueden ser de dos tipos básicos: agitados mecánica o manualmente; estos últimos son utilizados --- generalmente para parcheos y pequeñas obras especiales en donde es necesario empatar tramos de tubería.

En los más modernos calentadores o sean los agitados mecánicamente, por regla general la temperatura es controlada automáticamente por medio de termostatos.

En la figura 63 , puede apreciarse tanto un corte lateral como un corte frontal de uno de ellos, en el que se ve el mecanismo y operación de los agitadores que son movidos por una bomba que trabaja a base de un motor de gasolina, y también la manera como se produce el calentamiento; en cuanto al combustible para producirlo puede usarse aceite diesel, kerosene o gas natural, dependiendo del tipo de quemadores de que se disponga, así como de la relativa facilidad o dificultad de conseguir cualquiera de estos productos.

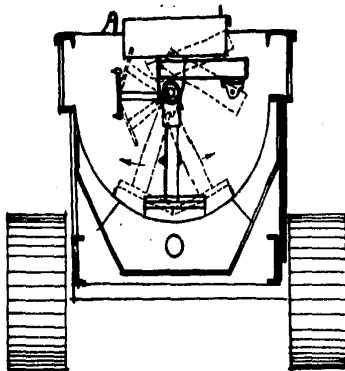


Figura 63

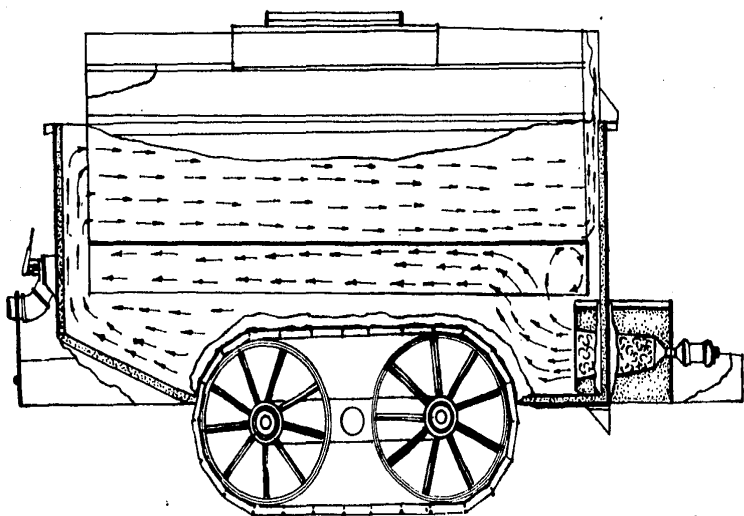


Figura 63

Una de las razones principales por la cual debe controlarse la -- temperatura del esmalte, reside en el hecho de que la consistencia de este tipo de materiales varía de acuerdo con la temperatura ambiente. La ---- aplicación de una capa con un espesor uniforme sobre el tubo, requiere que el material se mantenga a la temperatura necesaria dada por especifica--- ción del fabricante del mismo.

Otra razón importante para este control de la temperatura, es la - prevención de recalentamiento o un calentamiento más bajo de lo correcto. En el primero de los casos, pueden producirse resultados indeseables, -- como son el que el esmalte se vuelva muy delgado para poder ser aplicado y el que los ingredientes del mismo reduzcan sus cualidades haciéndolos --

menos flexibles y tendiendo a volverse quebradizos. La falta de calentamiento hace por el contrario que el esmalte se vuelva de consistencia --- gruesa, causando irregularidades en sus características de flujo en la -- máquina esmaltadora y por lo tanto provocando dificultades para poder -- ser aplicado en una capa de espesor uniforme, además de perder sus ca-- racterísticas de adherencia con el tubo.

La agitación del producto dentro de los calentadores, obedece a - varias causas, por ejemplo, conserva en suspensión los ingredientes más densos, lo cual asegura una uniformidad en el suministro de esmalte a la máquina esmaltadora, previniendo así un sobrecalentamiento o calenta--- miento defectuoso en alguna parte de la carga, y la formación de carbón o de alguna materia sólida en el interior.

Deberá también cuidarse de limpiar periódicamente las estufas -- para evitar que materias extrañas puedan causar algunos de los efectos - antes mencionados.

Antes de que la tubería sea bajada a la zanja, ésta deberá sufrir -- una inspección visual en todas las superficies recubiertas, para poder determinar donde están localizadas las fallas del recubrimiento y proceder a su inmediata reparación; además de esta inspección visual, se hace otra prueba por medio de instrumentos eléctricos de varios tipos para determinar roturas en la envoltura de fibra de vidrio y pequeños agujeros en el -- esmalte. Estos últimos proporcionan medios de penetración a los elementos

corrosivos y son descubiertos por medio de un detector eléctrico que 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. (Fig. 64)



Figura 64

Los defectos en la continuidad en la capa protectora pueden ser resultado de varias causas, por ejemplo: las pequeñas perforaciones en el esmalte pueden ser causadas por un ajuste deficiente y una mala operación de la máquina de envoltura o bien por un sobrecalentamiento del esmalte ya que al estar éste en tales condiciones es probable que se contamine de pequeñas partículas de carbón y al pasar la corriente del detector puede quemarlas dejando vacíos.

Para eliminar tales dificultades el operador de los calentadores debe tener cuidado en mantener la temperatura adecuada; el operador de la máquina esmaltadora tiene que estar atento para determinar cualquier deficiencia en la operación y remediarla rápidamente, y el operador del detector deberá aplicar el voltaje especificado. Este último está dado en la

siguiente tabla para distintos espesores de recubrimiento:

Pulgadas	Milímetros	Volts
3/32	2.38	7200
4/32	3.17	9600
5/32	3.96	12000
6/32	4.76	14400
7/32	5.55	16800
8/32	6.35	19200

Para reparar tales daños, basta que se le aplique un brochazo de esmalte, se le ponga un pedazo de papel de fibra de vidrio y se le vuelva a dar una aplicación del primero para que el papel quede embebido.

En el oleoducto en cuestión, el tren de protección estuvo constituido de la siguiente forma: en primer término iba corriendo un tractor Caterpillar D-7 equipado con una pluma lateral y cuna de rodillos, para ir levantando la tubería a fin de facilitar el movimiento de la máquina rasqueteadora y pintora. Esta máquina aparte de sus características que ya hemos anotado, está provista de una rueda pesada que le ayuda a conservar su estabilidad, evitando que resbale alrededor de la tubería. (Fig. 65)



Fig. 65

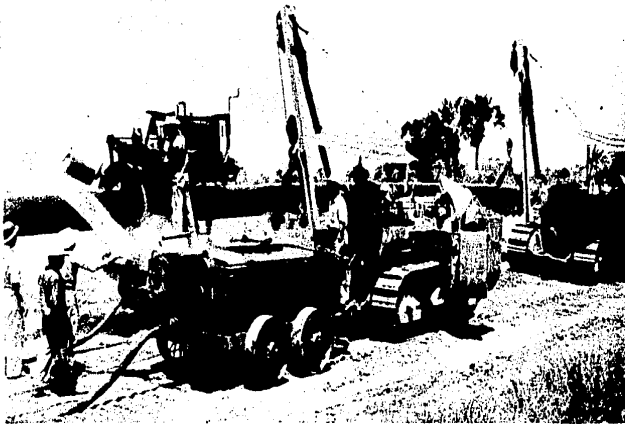


Fig. 66

Debido a la especificación referente a que la capa de esmalte y envoltura, debería ser colocada en un tiempo no mayor de 24 horas después de haber colocado la pintura de imprimación, a fin de lograr una liga conveniente entre ellas, se llevó el tren de esmaltado a una distancia fija ---

atrás del rasqueteo y pintura.

Para la aplicación del esmalte, se procedió de la siguiente manera (Fig. 66) : Con dos tractores Caterpillar D-7 con pluma lateral y cuna de rodillos necesarios para levantar un desarrollo de tubería mayor, se sostuvo la misma para que la máquina esmaltadora corriera con libertad, --- detenida en este caso, para evitar su volteo por un tubo largo que servía de palanca y que era sostenida en su extremo por un hombre. Para acarrear los materiales necesarios, como el papel de envoltura tanto de fibra de vidrio como de asbesto, se conectaron a los tractores unos trineos hechos de tubo a fin de que fueran jalados por ellos y de esta manera poder disponer de los materiales a medida que estos se fueran necesitando.

Posteriormente tanto al rasqueteo y pintura como al esmaltado, la tubería se fué descansando en unos polines de madera para que los materiales del suelo no la maltrataran.

A fin de que no fallara el suministro de esmalte debidamente calentado, se dejaban trabajando varios calentadores repartidos a lo largo de la línea, en los puntos en que a partir de su capacidad y consumo por metro de tubería, se calculaba que el esmalte del calentador en operación pegado a los tractores, iba a terminarse; de esta manera lo único que se necesitaba era desconectar este último y colocar el cargado. Este movimiento, así como el reparto en la línea, era hecho por un comando de 3 toneladas debido a la rapidez con que podía efectuarlo.

Como hemos mencionado en capítulos anteriores, hubo necesidad de establecer una planta esmaltadora fija cerca de la ciudad de Veracruz para abastecer el frente de trabajo allí constituido. Esta planta, de una manera similar al trabajo de campo, estaba dividida en dos secciones, -- siendo la primera para trabajo de rasqueteo y pintura y la segunda para esmalte y envoltura.

A fin de poder proceder a girar el tubo y de esta manera facilitar su protección, se utilizaron unos aditamentos como los que se muestran en la figura 67.

El rasqueteo se hacía mediante unas rásquetas y cepillos de mano y la pintura era aplicada uniformemente sobre el tubo con brochas.

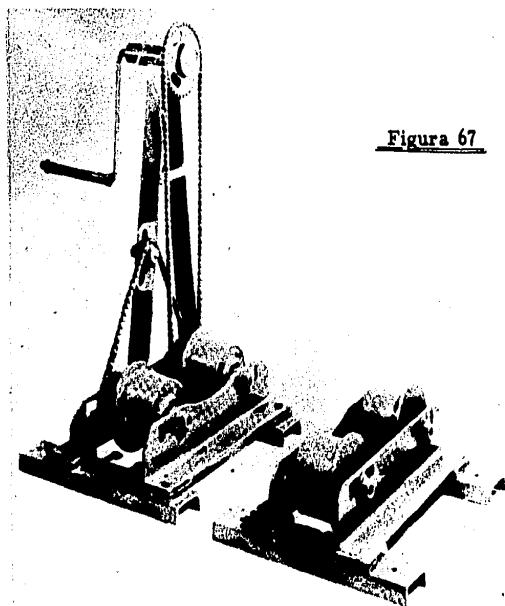


Figura 67

El esmalte era calentado también en calentadores especiales, --- pero de menor capacidad que los utilizados en el trabajo de campo, y para su colocación se utilizaban unas regaderas especiales, cuya boca terminaba en tal forma que ensamblaba con el tubo. El papel de fibra de vidrio era sostenido por un hombre y mediante esta combinación bastaba solo -- con girar el tubo para que el esmalte y el papel se repartieran en toda la periferia, quedando de este modo embebidos.

Desde luego después era pasado el detector de fallas a fin de reparar los puntos de protección defectuosa.

Como puede comprenderse, el control del espesor de protección -- no podía compararse con el obtenido por medios mecánicos, sin embargo, aunque trabajando con relativa lentitud se efectuó este trabajo dentro de -- las condiciones requeridas para obtener una protección adecuada.

En la actualidad existen plantas montadas en toda forma, con equipo automático para protección de tuberías de oleoductos y gasoductos, --- representando una ventaja sobre el equipo de campo, en lo referente al control de la calidad en general del proceso.

BAJADO Y TAPADO DE LA TUBERIA. - Esta fase no representó un problema de consideración en el desarrollo de la construcción del oleoducto. El procedimiento a seguir fué el siguiente: en las primeras horas de la mañana, mientras el esmalte debía ser calentado para su aplicación, se utilizaron los tres tractores Caterpillar D-7 equipados con pluma lateral asignados a esa fase, para que procedieran a bajar la tubería como puede observarse en la figura 68. -



Figura 68

Como ya dijimos al hablar de la elección del equipo, el primero de estos tractores estaba equipado con una cuna que en vez de rodillos tenía llantas de hule con el fin de no maltratar la protección y servía para ir levantando la tubería que se había dejado descansar sobre polines de madera; los otros dos se equiparon con bandas planas de lona para bajar la tubería a la zanja con facilidad y sin maltratarla, con solo inclinar las

plumas.

También hablamos ya de los cuidados que tuvieron que tomarse antes de proceder al bajado: se quitaron todos los obstáculos que significaran puntos de concentración de esfuerzos en la tubería para evitar que la protección fuera destruída, y en los lugares en que la zanja se excavó en material rocoso, se colocó un colchón de material suave mediante camiones de volteo de 3 M³, para que la tubería descansara perfectamente.

Para efectuar el tapado se utilizó un tractor Caterpillar D-8 equipado desde luego 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 misma, como puede observarse en la figura 69. -



Figura 69

En los lugares en que se cruzó por terreno rocoso, se procedió a colocar sobre la corona del tubo una capa de 20 Cms. de material suave

y no anguloso, por la misma razón que se puso el colchón debajo de la tubería.

Para garantizar la especificación relativa a que la tubería debería de quedar trabajando a compresión dentro de la zanja, se dejaron a cada 500 Mts., unas ondas llamas "ondas de ajuste" o "slack-loops", cuyo funcionamiento puede ser observado en la figura 70. -

Los esfuerzos que se inducen a la tubería por estos cambios de temperatura, pueden ser tan considerables que logren ovalar el tubo completamente cuando la cantidad de polines que se pongan sea excesiva; podemos referir el hecho concreto, de que al colocar cuatro polines para sostener uno de estos "slack-loops", el tubo no los rompió como acontecía prácticamente en la mayoría de los casos, sino que estos tuvieron la resistencia suficiente para aguantar la flexión inducida por la tubería, la cual quedó de una manera similar a la que puede observarse en la figura 71.

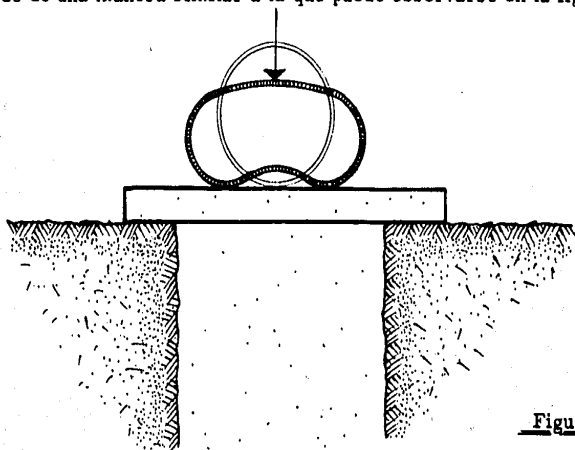


Figura 71

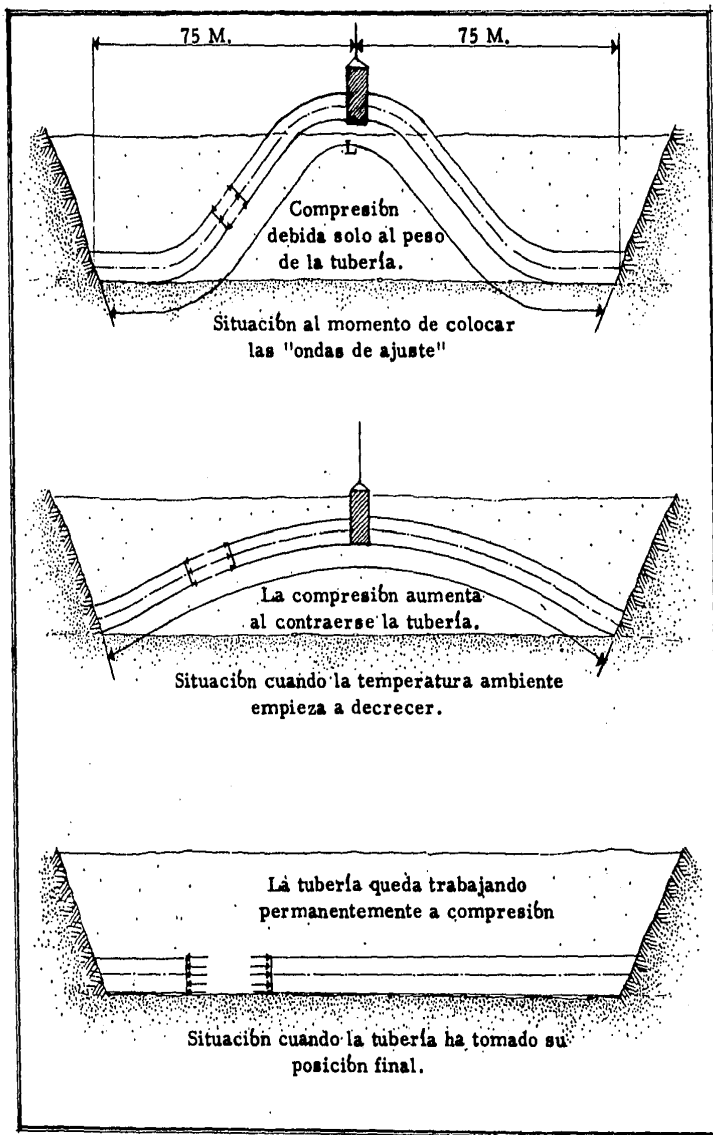


Figura 70

Probablemente la manera más correcta de ejecutar este trabajo, sea descansar la tubería en una o varias piezas de madera, cuya resistencia a la flexión sea tal, que cuando el tubo sufra una contracción por temperatura y esta garantice el trabajo de compresión del mismo, las piezas de madera cedan, pudiendo así bajar la tubería sola por su propio esfuerzo y paulatinamente a la medida de su necesidad; solamente debería proveerse a la tubería de alguna protección como son algunos pedazos de hule en contacto con los polines para que al romperse estos no maltrataran la protección.

PRUEBAS PARCIALES. - Estas se realizaron con el objeto primordial de inspeccionar las juntas soldadas y verificar que no existieran fugas de aire por ellas.

El método seguido consistió en dejar tramos de aproximadamente 5 Kms., de longitud inmediatamente después de la fase de soldadura, limpiándolos interiormente, cerrando sus extremos y levantando la presión -- del aire dentro de la tubería (Fig. 72).



Fig. 72

Para limpiar la tubería interiormente, se colocó un diablo en una punta de la misma sellándola después e introduciéndole aire comprimido - el cual hacía que el diablo corriera interiormente sacando todo aquello --- que se encontraba dentro. Los diablos son una especie de carretes como puede observarse en el corte de la figura 73 y en realidad son dos sellos de hule unidos por un tubo los cuales encajan perfectamente al diámetro de la tubería evitando así las fugas.

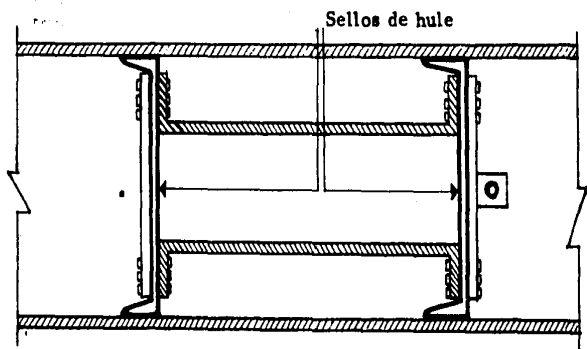


Figura 73

Debe tenerse un especial cuidado cuando se dejan a lo largo de la línea tramos de tubería sin unir, de colocar en los extremos abiertos -- cualquier tapa que sea eficiente y que no permita que se introduzcan dentro del tubo piedras o animales, ya que se ha dado el caso de que al querer efectuar estas pruebas parciales, ha sido completamente imposible -- que el diablo corriera debido a las grandes concentraciones de materias -- extrañas dentro de la tubería.

Después que salía el diablo por el otro extremo se sellaba también esta punta debido principalmente a la premura del tiempo, en este caso -- tuvieron que utilizarse una especie de balas de acero, que se soldaban a la tubería, con los inconvenientes de un tiempo mayor para su preparación y

un trabajo extra consistente en desoldar estas puntas teniendo que ser -- cortadas y volver a biselar el tubo. El procedimiento más adecuado consiste en usar unas juntas llamadas "Juntas Dresser" cuyo funcionamiento es esencialmente a base de fricción.

Los dos tipos de sellos pueden ser observados en la figura 74.

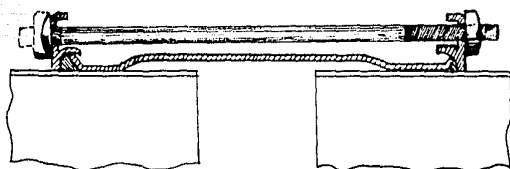
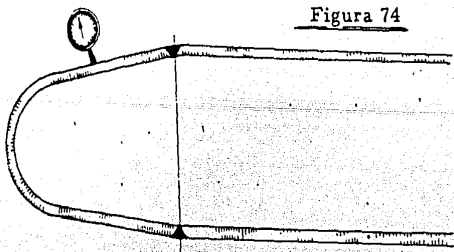


Figura 74



Tanto para correr el diablo como para levantar la presión necesaria de 100 lbs/pulg², se utilizó un compresor de 600 pcm el cual necesita para este último trabajo un tiempo que puede ser calculado en la siguiente forma:

$$\text{Volumen}/5 \text{ Kms.} = \pi r^2 \times 5000 = 3.14 \times 0.25^2 \times 5000 = 982 \text{ M}^3 = 34600 \text{ piés}^3$$

El compresor da 600 piés cúbicos por minuto de aire a la presión atmosférica, o sea 14.7 lbs/pulg² para saber cuantos pcm puede dar com-

primidos a 100 lbs/pulg², recurrimos a una de las leyes de los gases -- perfectos:

$$PV = P'V' \quad 14.7 \times 600 = 100 V' \quad \therefore V' = 89 \text{ piés}^3/\text{min.}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{34600 \text{ piés}^3}{89 \text{ piés}^3/\text{min.}} = 390 \text{ minutos} = 6.50 \text{ hs.}$$

Para el control de la presión, fué necesario instalar dos manómetros portátiles, uno en cada punta de la tubería como pudo observarse en la figura 72.

Después de que la presión había llegado a las 100 lbs/pulg², se -- montó el compresor en un camión de 10 toneladas para poder irlo desalo-- jando a lo largo de la línea con toda rapidez, ya que en algunas ocasiones -- pasaba a ayudar a la barrenación.

Esta prueba consistió en cubrir a cada una de las juntas soldadas, -- con una capa de jabón detergente observando atentamente para verificar -- que no existieran fugas de aire a presión. Debido a que un jabón normal -- contiene gran cantidad de grasa y en realidad sirve en muchas ocasiones -- para tapar fugas, no sirve para estas pruebas; es por esta razón que se -- utilizó jabón del tipo detergente.

Para evitar el trabajo innecesario de volver a levantar 100 libras -- de presión en el tramo siguiente al probado, se procedió después de haber corrido el diablo ayudado por el compresor, a establecer una conexión -- entre los dos tramos contiguos, de esta manera se establecía un equilibrio

de presiones entre ellos quedando trabajando ambos a 50 lbs/pulg² des--
pués de lo cual el aire sobrante del tramo probado era soltado y, en el --
tramo por probar, se empezaba a trabajar con el compresor, teniendo --
solamente este que levantar 50 libras más.

En cuanto al resultado de estas pruebas, este fué bastante satis--
factorio, habiéndose tenido que reparar solamente cuatro soldaduras.

TRABAJOS ESPECIALES. - Como ya hemos mencionado conanterioridad, estos trabajos especiales consistieron en lograr el cruce correcto de la tubería con vías de comunicación y corrientes de agua.

Para los cruces con vías de comunicación, se colocó la tubería --- debidamente protegida debajo de los terraplenes de los caminos y vías de ferrocarril.

Esta protección consistió en meter el oleoducto de 20" (508 mm.) en unas camisas de tubo corrugado de 24" (610 mm.), instalando en am-- bas unos tubos ventiladores de 2" (50.8 mm.) que salían a la superficie. En los extremos del tubo corrugado, se colocaron unos sellos para evitar la filtración de agua o materias extrañas dentro de esta camisa. Los --- datos constructivos de dichos cruces pueden precisarse en los planos 2 - y 3. -

Para los cruces con carreteras hubo necesidad de romper el pavi-- mento y hacer la zanja para que descansara la tubería. Como puede ver-- se en la figura 75 , el tubo antes de ser colocado en la zanja ya estaba - debidamente protegido con el esmalte, envoltura de fibra de vidrio y ca-- misa protectora de tubo corrugado. Este trabajo se hizo manualmente -- llevando la tubería y depositándola en la zanja para procederse a taparla inmediatamente, debiendo realizarse con la máxima prontitud, a fin de - no interrumpir el tránsito por las carreteras. Sin embargo existen equi-- pos especiales cuyo funcionamiento es similar al de un taladro, como ---

puede verse en la figura 76 , con los cuales no se interfiere en la circulación de vías de comunicación.



Figura 75



Figura 76

Para cruzar vías de ferrocarril (Fig. 77), primeramente se realizó una pequeña excavación para calzar los durmientes con polines con el fin de perforar la parte por donde posteriormente sería pasado el tramo de tubería protegido, rellenando de inmediato, quitando los polines y volviendo a balastrar la vía.

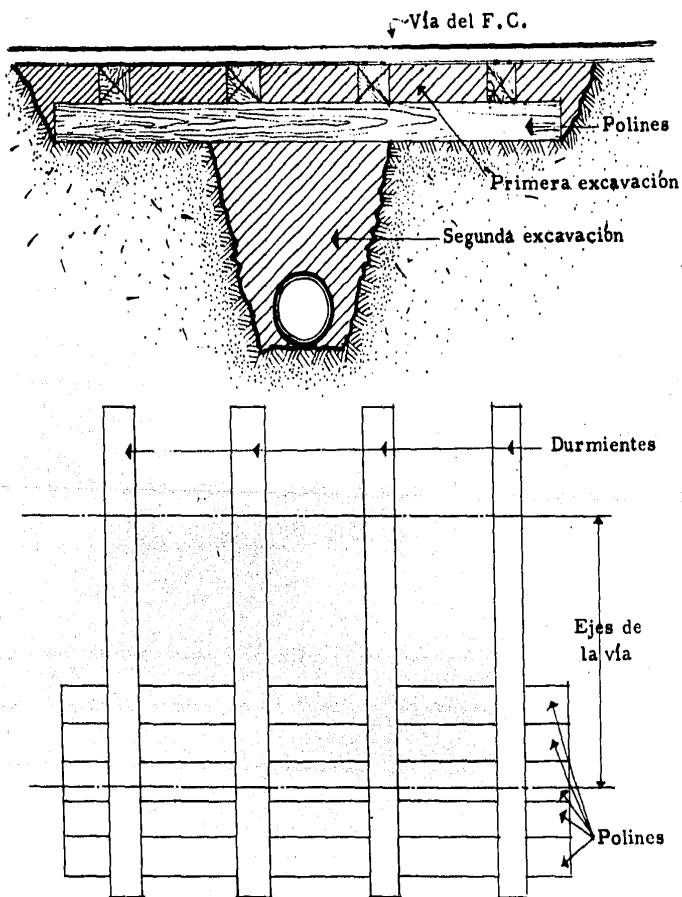


Figura 77

Los cruces con corrientes de agua se clasificaron en cuatro grandes grupos a saber:

1. - Cruces con canales de riego.
2. - Cruces por debajo del lecho en arroyos.
3. - Cruces mediante puentes colgantes en corrientes mayores.
4. - Cruces en los ríos caudalosos logrados sobre los puentes del ferrocarril.

En el primero de los casos, o sea en los cruces con los canales de riego cuyos detalles constructivos pueden verse en el plano 4 , se procedió de la siguiente manera: Al pasar el tren de construcción por estos lugares, dejaba el tramo de tubería correspondiente al cruce debidamente doblado, soldado y protegido con esmaltes y mediante dos tractores Caterpillar D-7 con sus plumas laterales y con bandas planas de lona se levantaban estos tramos dejándolos provisionalmente sobre unos huacales hechos de polines de madera.

Posteriormente se procedía a construir y a colocar en su lugar los soportes hechos de medio tubo, en donde más tarde era colocada debidamente la tubería, ayudándose también con los tractores. En vista de que estos tramos no podían ser soldados junto con la línea, hasta que no eran colocados en su lugar, se empataban haciendo unos cajones en el suelo, a fin de que pudieran ligar los soldadores con facilidad. Después de soldada la junta se parchaba con esmalte y tela de fibra de vidrio, tapando de --

inmediato ese tramo descubierto para quedar de esta manera el cruce --- completo . (Ver Fig. 78)



Figura.78

Para el segundo grupo, o sea en los cruces con arroyos, la tubería se depositó en el lecho del río como puede verse en los planos 5 y 6.

El procedimiento que se siguió fué como sigue: Al llegar con el trabajo de línea y específicamente con la brecha a estos lugares, se efectuaban unas rampas de acceso hasta el nivel del agua (Ver Fig..79).



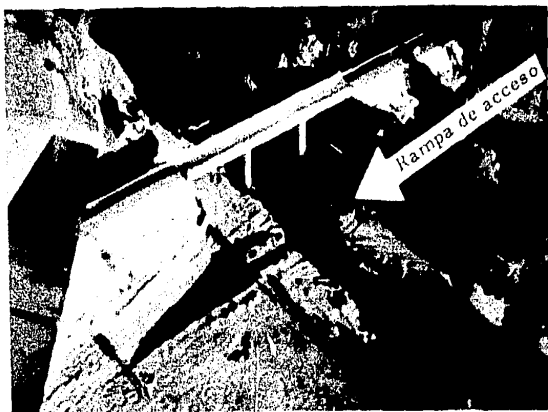


Figura 79

Posteriormente cuando se debía efectuar el trabajo, era enviada una draga para trabajar en el río, haciéndole zanja a la tubería. Mientras tanto, en un lado se preparaba el tramo de tubería que iba a ser depositado en ella, esto es, doblándolo, soldándolo y protegiéndolo. Además se le colocaba a cada seis metros, unos bloques de concreto a fin de lastrar debidamente la tubería; estos bloques de sección octagonal de aproximadamente un metro por cada lado, pesaban alrededor de dos toneladas cada uno; por lo tanto para depositar el tramo en el fondo del río, era necesario movilizar en ocasiones todos los tractores equipados con pluma lateral que se tenían repartidos a lo largo de la línea, para que entre todos pudieran levantar, mover y depositar esta tubería. Para el empate de estos tramos con el desarrollo del oleoducto se procedió de igual forma a la mencionada en los cruces anteriores. Por otro lado, no fue necesario

tapar esta zanja, ya que tratándose de ríos cuya capacidad de arrastrar piedras que pudieran dañar la tubería es prácticamente nula, no existió ningún peligro al dejar que poco a poco se fuera azolvando sola. Pero a fin de evitar que en la época de avenidas la erosión provocada por ellas fuera a llegar hasta la tubería y en este caso sí inferirle serios daños, se tuvo la precaución de proyectar estos cruces a una profundidad adecuada abajo de la cota del fondo del río.

En cruces mayores en donde el trabajo de excavación en el lecho del río, tenía un costo más elevado que proyectar algún cruce especial -- que lo lograra por arriba, se construyeron unos puentes colgantes cuyos detalles pueden ser observados en el plano 7

En esencia, estos puentes constan de dos columnas en los extremos de los cuales se suspende un cable anclado en sus puntas el que sirve como elemento de carga. Las columnas adecuadas, se lograron mediante la construcción de dos torres apoyadas sobre unas zapatas de concreto. -- Por la parte superior de estas columnas se colgó el elemento de carga -- consistente en dos series de cables parabólicos a los cuales se conectaron unos tensores que sostienen un soporte, sobre el que se montó la tubería mediante unas abrazaderas; estas dos series de cables se anclaron en sus extremos, en muertos de concreto ciclópeo enterrados en el suelo. Este tipo de anclajes, también se utiliza para contraventear a las torres que -- servían de columnas; para el contraventeo lateral, se corrieron otros ca-

bles que en plantá tienen también forma parabólica.

El procedimiento que se siguió para la realización de estos cruces, fué como sigue: Primero se levantaron las columnas debidamente cimentadas en los extremos y posteriormente, se corrieron las series de cables que constituían el cable principal o cable de carga colocándole los elementos donde descansarían posteriormente la tubería.

Para la colocación de ésta, como en los casos anteriores, el procedimiento que se seguía era alinear el tramo recto de tubería en los extremos, más tarde se empapaban en grasa lubricante los soportes sobre los cuales se iba a descansar la tubería, para que jalando cuidadosamente este tramo, mediante un tractor con cable desde la margen opuesta del río, pudiera deslizarse con facilidad sin causar esfuerzos indebidos en la estructura colgante.

Después que este tramo recto era colocado en su lugar, se procedía a conectarlo mediante las abrazaderas para después conectarle en sus puntas los tramos curvos (bayonetas) que ligaban con el desarrollo general del oleoducto.

En los ríos Blanco y Cotaxtla, la tubería se hizo descansar a un lado de los puentes de ferrocarril que los cruzan. El método seguido fué colocar en las piezas del cordón superior de una de las armaduras de puente, unos malacates con unas cunas de rodillo, similares a las que tenían acoplados los tractores de línea. Mientras tanto, a un lado se prepa-

raba el tramo recto que iba a ser colocado sobre el puente, el cual era levantado con tractores hasta la cama del ferrocarril, para proceder a izarlo hasta la altura de estas cunas debidamente lubricadas y hacerlo correr ayudado por un tractor que jalaba desde el otro extremo con un cable hasta dejar el tramo completo, suspendido. Por otra parte se estaban ya colocando unas ménsulas mediante soldadura eléctrica a los montantes de la armadura de puente; cuando éstas estuvieron terminadas, la tubería se fué descendiendo desde las cunas en que estaba colocada con ayuda de los malacates, hasta que descansó sobre dichos soportes, en donde se sujetó mediante unas abrazaderas.

Posteriormente se izaron todas las bayonetas, una en cada margen del río, para unir este desarrollo con las puntas del oleoducto en la línea; como la altura por vencer oscilaba alrededor de los 15 metros, era muy peligroso dejar estos tramos al aire por lo que se decidió recargarlos sobre el terraplén del ferrocarril empatando las puntas de ambos lados, soldándolas y protegiéndolas como en los casos anteriores.

La forma en que quedaron finalmente estos cruces puede apreciarse en las figuras 80, 81 y 82.



Fig. 80



Fig. 81



Fig. 82

PRUEBA FINAL. - Esta prueba se realizó con el fin de inspeccionar la -- longitud total de la línea, sometiéndola a una presión de 1000 lbs/pulg² -- (70.3 Kg/cm²). - El método a seguir consistió en llenar de agua la tube-- ría ya enterrada, mediante una bomba centrífuga y un diablo por delante, para evitar que se formaran colchones de aire en las partes más elevadas del desarrollo lo cual haría prácticamente que se llenara. (Ver Fig. 83)

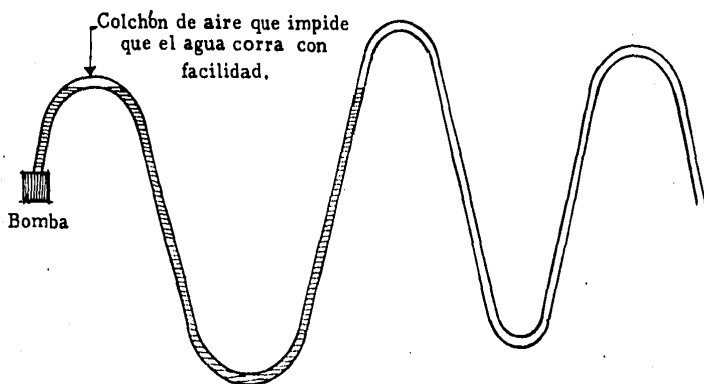
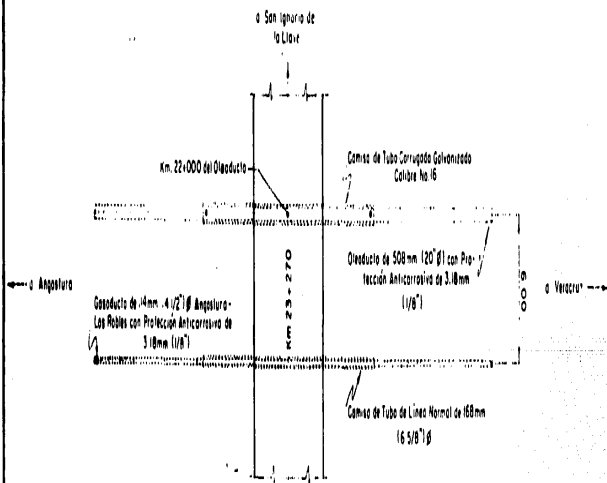


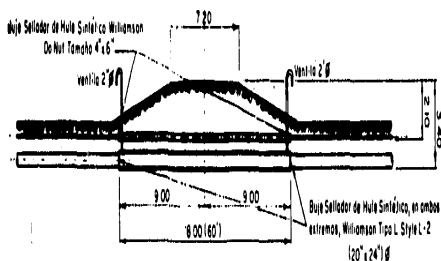
Figura 83

Los diablos usados en esta prueba son semejantes al usado en la de aire a presión, solo que tienen tres sellos a fin de evitar que el agua se -- filtre.

Por experiencia la velocidad mínima de ellos debe ser de 500 mts. por hora, ya que velocidades menores no traen consigo la presión adecuada



PLANTA



PERFIL

Las acotaciones están expresadas en metros, excepto cuando se indica otra unidad.

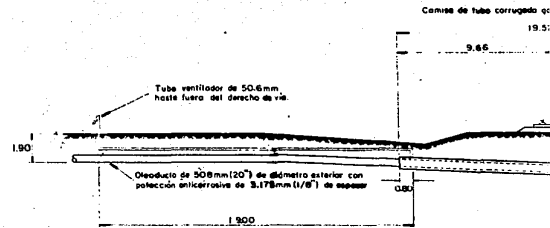
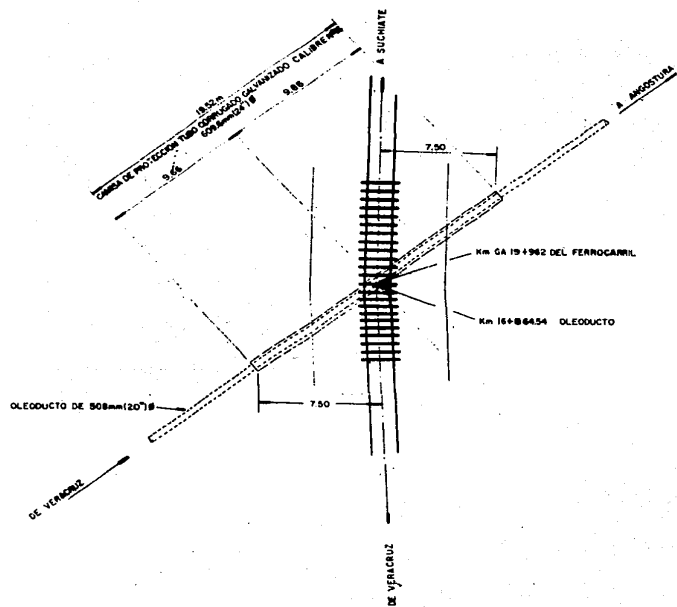
ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
TESIS PROFESIONAL

OLEODUCTO ANGOSTURA-VERACRUZ
(TRAMO ANGOSTURA QUAYABO Km 22+000)

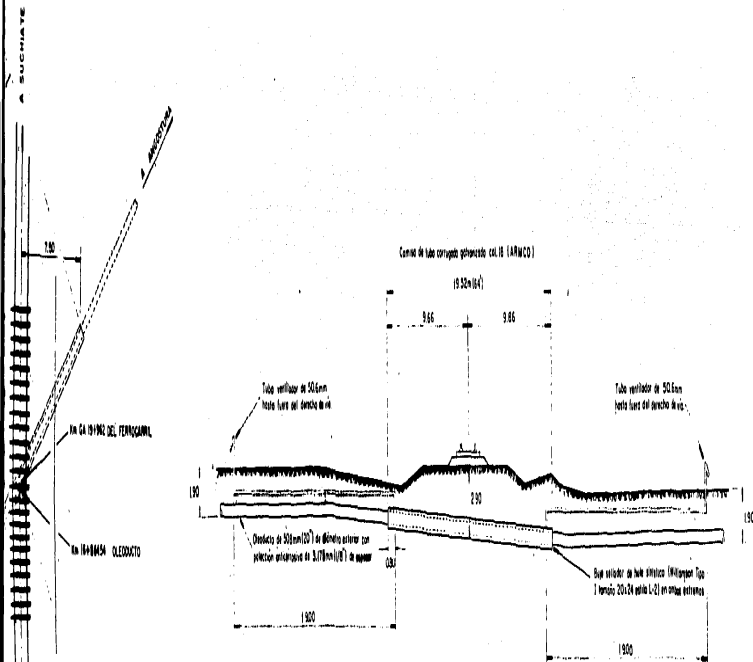
CRUCE CON EL CAMINO A
SAN IGNACIO DE LA LLAVE EN SU
Km 23+270.00

PLAN No.
2

RAFAEL ABURTO VALDES



NOTA:— El Oleoducto irá colocado dentro de la camisa aisladores de hule duro (Willemson Concentric Insulators) Tamaño 20 x 24 estilo C-25. Colocar una distancia máxima de 6.10m (20").

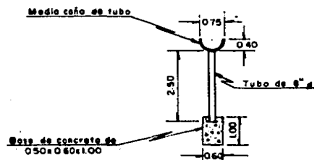
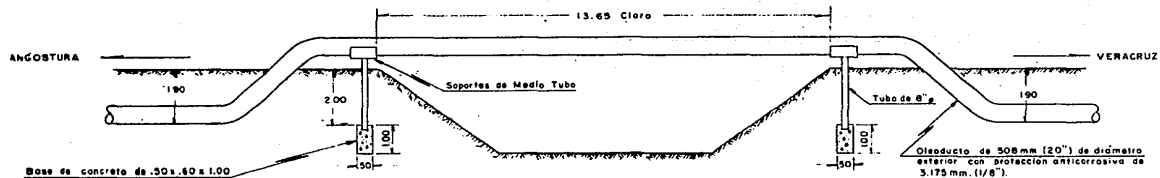


NOTA: - El Oleoducto irá colocado dentro de la cámara sobre aisladores de tubo duro (Wilgenson Concentric support insulators) Tamaño 20x24 pulg. (L-2) Colocados a una distancia mínima de 6 Km (20').

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
TÉCNICOS PROFESIONALES

CRUCE DEL OLEODUCTO
ANGOSTURA-VERACRUZ (TRAMO VE-
RACRUZ-GUAYABO) EN EL Km 16 +
864.54 CON EL FERROCARRIL VERA-
CRUZ-TIERRA BLANCA (Km GA/9/1962)

PLANO No.
3
RAFAEL ABUNTO VALDES



**ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS.
TESIS PROFESIONAL.**

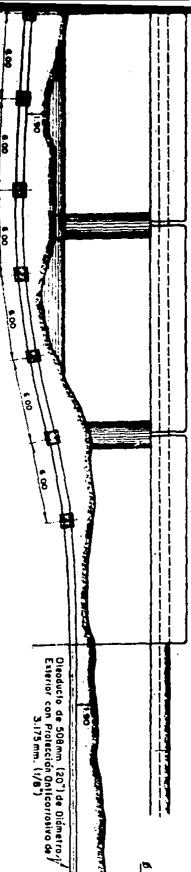
OLEODUCTO ANGOSTURA - VERACRUZ
TRAMO ANGOSTURA - GUAYABO

CRUCE CON CANAL DE RIEGO	KM. 1+810
" " " "	KM. 7+640
" " " "	KM. 8+185
" " " "	KM. 20+014
" " " "	KM. 21+840

PLAN No.
4

RAFAEL ABURTO VALDES

DETALLE DE LAS GRAMPAS DE LASTRE

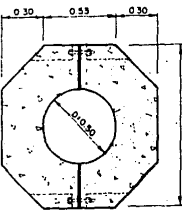


Diámetro de 208 mm (20") de diámetro / Exterior con protección Oniticoresivo de 3,175 mm. (1/8")

Perros:
6.127 mm. (1/2") x 152.4 mm. (6") Long.
GRAMPAS DE LASTRE
PESO TOTAL 2.267.50 KG.
VOLUMEN 0.907 m³

PERFIL

VISTA LATERAL



LAS ACOTACIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS EXCEPTO CUANDO SE INDICA OTRA UNIDAD.

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS TESIS PROFESIONAL

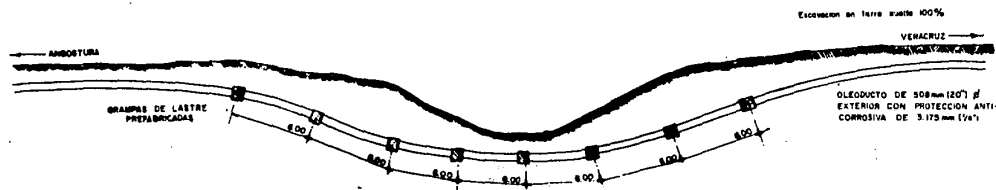
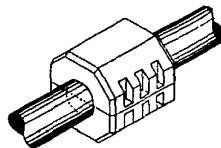
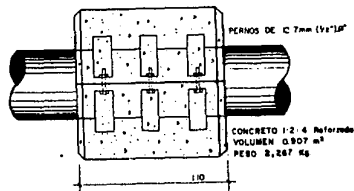
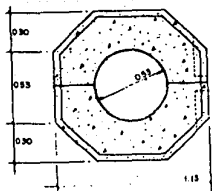
CRUCE DEL OLEODUCTO
IRIARU ANGOSTURA-VERACRUZ
CON EL ARROYO BOCA DE COSTAL
A LA ALTURA DEL KM. 36+000 DEL
FC. VERACRUZ-TIERRA BLANCA

PLAN

ESCALA 1:200

PLAN 6
RAFAEL ABURTO VALDES

DETALLE DE GRAMPAS DE LASTRE



ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
TESIS PROFESIONAL

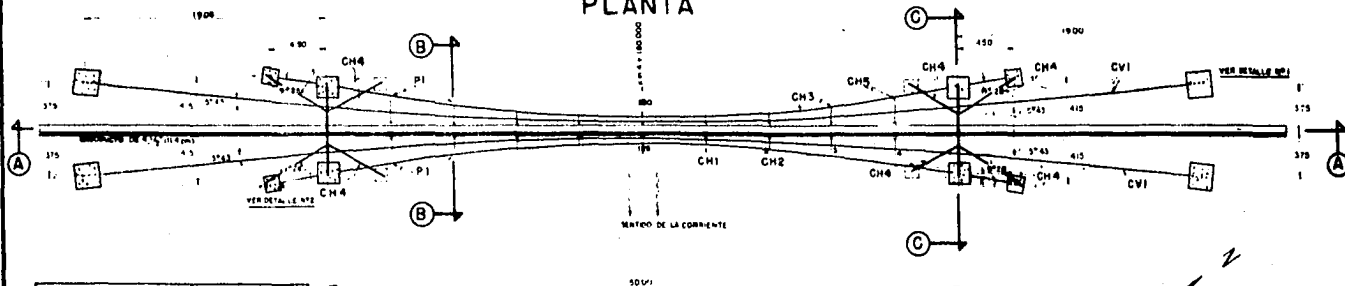
OLEODUCTO
ANGOSTURA-VERACRUZ
(TRAMO VERACRUZ - GUAYABO)

CRUCE CON EL ARROYO MORENO
KM. 11+813

PLANON
8

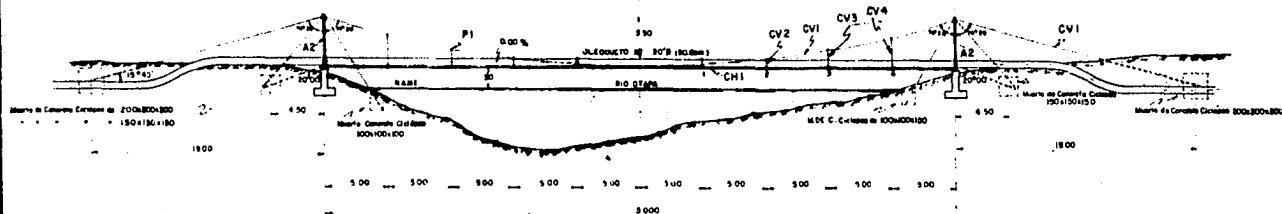
RAFAEL ABURTO VALDES

PLANTA



LONGITUDES DE TENSORES DE CABLE EN PARALELAS HORIZONTALES Y VERTICALES					
N°	DISTANCIA A DEL PUENTE	H	V	J	
1	10	10	10	10	
2	10	10	10	10	
3	10	10	10	10	
4	10	10	10	10	
TOTAL	40	40	40	40	160

PERFIL



N°	DESCRIPCION
1	AL
2	AL
3	AL
4	AL
5	AL
6	AL
7	AL
8	AL
9	AL
10	AL
11	AL
12	AL
13	AL
14	AL
15	AL
16	AL
17	AL
18	AL
19	AL
20	AL
21	AL
22	AL
23	AL
24	AL
25	AL
26	AL
27	AL
28	AL
29	AL
30	AL
31	AL
32	AL
33	AL
34	AL
35	AL
36	AL
37	AL
38	AL
39	AL
40	AL
41	AL
42	AL
43	AL
44	AL
45	AL
46	AL
47	AL
48	AL
49	AL
50	AL
51	AL
52	AL
53	AL
54	AL
55	AL
56	AL
57	AL
58	AL
59	AL
60	AL
61	AL
62	AL
63	AL
64	AL
65	AL
66	AL
67	AL
68	AL
69	AL
70	AL
71	AL
72	AL
73	AL
74	AL
75	AL
76	AL
77	AL
78	AL
79	AL
80	AL
81	AL
82	AL
83	AL
84	AL
85	AL
86	AL
87	AL
88	AL
89	AL
90	AL
91	AL
92	AL
93	AL
94	AL
95	AL
96	AL
97	AL
98	AL
99	AL
100	AL

DETALLE N°2
(VISTA LATERAL)
ESC 1:20

DETALLE N°1
(VISTA LATERAL)
ESC 1:20

MUERTOS DE CONCRETO CICLOPEO

VISTA D-D

DETALLE DE LAS TORRES
VISTA C-C

PLANTA

para pegar los sellos a la tubería y automáticamente empieza a filtrarse - agua deteniéndose el diablo con las consiguientes dificultades para encontrarlo. Para resolver este último problema, se recurre actualmente a - depositar una pastilla de un isótopo radioactivo (generalmente cobalto) en el interior del diablo, con la intensidad suficiente en sus radiaciones para perforar tanto el tubo como el colchón de tierra, de esta manera en un -- momento determinado, con un contador recorriendo la línea, puede determinarse exactamente el lugar en que se ha detenido.

La elección de la bomba centrífuga, recayó en aquella que además de garantizarse la velocidad mínima del diablo mediante el gasto de la --- misma, pudiera vencer las cargas topográfica y de fricción.

Realmente como la velocidad es muy pequeña, las pérdidas por --- fricción son inapreciables como podemos ver en el cálculo siguiente:

Tramo Río Blanco-Angostura

Datos Longitud = 19.500 Km. Desnivel = 33 Mts.

Area del tubo = 197 cm^2 Velocidad diablo = 500 m/hora = 0.139 m/seg.

$Q = Av = 197 \times 13.9 = 2720 \text{ cm}^3/\text{seg.}$ $Q \text{ M} \text{ in} = 27.2 \text{ lts/seg.}$

$$\text{Fórmula de Manning} \quad v = \frac{S^{1/2} r^{2/3}}{n} \quad S = \left(\frac{v n}{r^{2/3}} \right)^2$$

$$v = 0.139 \text{ m/seg.} \quad n = 0.012$$

$$r = \frac{A}{P} = \frac{\pi d^2}{4 \pi d} = \frac{d}{4} = 0.125 \text{ m.} \quad r^{2/3} = 0.250$$

$$S = \left(\frac{0.139 \times 0.012}{0.25} \right)^2 = 0.0000444$$

$$H_f = SL = .0000444 \times 19500 = 0.865 \text{ Mts.}$$

Con lo anterior hemos demostrado que lo que cuenta, en este caso, es el desnivel de 33 metros, es decir que con una bomba de 30 lts/seg. -- que pueda vencer 35 metros, no existe el peligro de que el diablo se de--- tenga. Para la elección se recurrió como se hace generalmente, consultando las gráficas típicas de Gasto-Carga de varios tipos de bombas como puede verse en la figura 84.

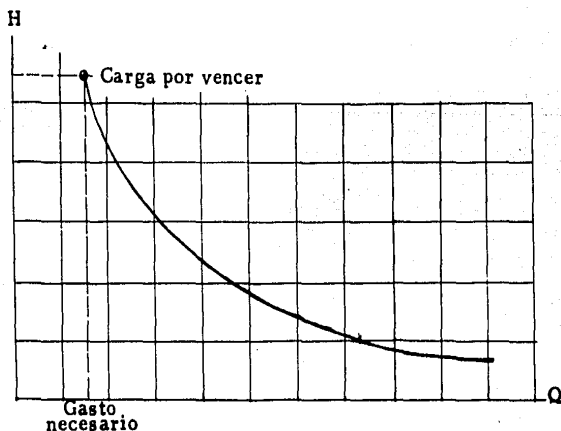
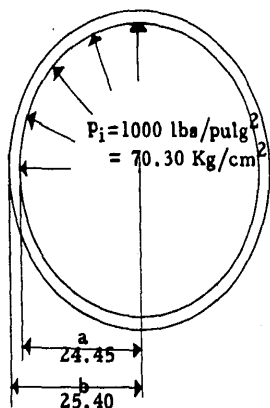


Figura 84

Para levantar presión a la tubería, se utilizó una bomba de pistones capaz de llegar hasta los 1500 lbs/pulg².

Para ver el gasto que se requiere en cualquier prueba de estas, -- puede recurrirse al estudio de la elasticidad de un anillo calculando el --- incremento en la longitud de su diámetro interior al someterlo a una de--- terminada presión, de lo cual puede deducirse el aumento del área y del - volúmen total de la tubería. Este volúmen extra, dividido entre el número de horas que se requieren para hacer la prueba, nos da el gasto que debe tener la bomba, como puede verse en el análisis siguiente, con una fórmula tomada de la Resistencia de Materiales de Timoshenko.



$$(u)_{r=a} = \frac{a p_i}{E} \left(\frac{a^2 + b^2}{b^2 - a^2} + \mu \right)$$

μ = Relación de Poisson = 0.3 para el acero

$$(u)_{r=a} = \frac{24.45 \times 70.30}{2'100,000} \left(\frac{595+640}{640-595} + 0.3 \right)$$

$$(u)_{r=a} = .000816 \times 27.7 = .0226 \text{ cm.}$$

Radio interior nuevo = 24.47 cm.

$$\text{Area inicial} = \pi R^2 = \pi \times 24.45^2 = \pi \times 597.80 = 1877.09 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area final} = \pi (R+u)^2 = \pi \times 24.47^2 = \pi \times 598.78 = 1880.17 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diferencia} = 3.08 \text{ cm}^2$$

En 1 metro tenemos un aumento de volumen igual a:

$$3.08 \times 100 = 308 \text{ cm}^3 = 0.308 \text{ lts.}$$

Como la tubería tiene 76000 mts. al subirse la presión se tiene un aumento de volumen igual a: $0.308 \times 76000 = 23408.0 \text{ lts.}$

Si se quiere levantar presión en 24 horas, se necesita tener un ---
gasto igual a:

$$\frac{23408}{24 \times 3600} = \frac{23408}{86500} = 0.27 \text{ lts/seg en la bomba}$$

En realidad siempre se tendrán gastos muy pequeños, ya que como pudo verse, el aumento del diámetro en la tubería no es de gran consideración.

En cuanto al resultado de estas pruebas, fué satisfactorio y solo --
hubieron de separarse algunos puntos en que falló la tubería, habiéndose --
tenido que abrir unos cajones en el terreno a fin de proceder a la reparación.

BIBLIOGRAFIA

Especificaciones Generales de la Construcción de Oleoductos	Petróleos Mexicanos
Bitumastic Pipe Line Handbook	Koppers Co., Inc.
A Primer of Oil Pipe Line Operation	Universidad de Texas
Oil Pipe Line Construction and Maintenance	Universidad de Texas
Oil Pipe Line Measurement and Storage --- Practices	Universidad de Texas
Oil Pipe Line Pumping Station Operation -- and Maintenance	Universidad de Texas
Blasters Handbook	Dupont
Manual de Procedimiento de la Soldadura al Arco	The Armco Int. Corp.
Les Engins Mecaniques de Chantier	Adil Gabay
Construction, Planning Equipment and ---- Methods	Peurifoy
Resistencia de Materiales	Timoshenko