

01149

28

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTA DE INGENIERIA

INSTALACION DE TUBERIAS DE GRANDES
DIÁMETROS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA

PRESENTE

JOSE LUIS MATEOS ALVAREZ

MEXICO, D.F., 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

INSTALACION DE TUBERIAS

DE GRANDES DIAMETROS

DEPFI UNAM

MANEJO Y COLOCACION DE TUBERIAS DE GRAN DIAMETRO PARA

AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

T R A B A J O F I N A L

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

U. N. A. M.

BIBLIOTECA CONJUNTA DEL INSTITUTO Y DE LA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA.

SECCION DE CONSTRUCCION

Jurado:

Presentado Por;

Presidente: Ing. Francisco J. Rodríguez Z.

Vocal : Ing. Abel Domínguez P.

Secretario: Ing. Salvador Díaz Díaz.

Jorge Luis Mateos Alvarez.

Suplente : Ing. Alfonso M. Elizondo R.

Tesis

Suplente : Ing. J. Abraham Díaz R.

México, Nov. '83.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Octubre 6 de 1983

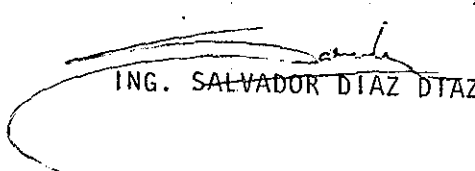
Sr. Dr. Abraham Díaz.
División de Estudios Superiores UNAM
P r e s e n t e

Con motivo del exámen final de especialización en Construcción del Ing. Jorge Luis Mateos Alvarez, me permito proponer el siguiente tema: "MANEJO Y COLOCACION DE TUBERIAS DE GRAN DIAMETRO PARA --- AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO".

- a) Tipo de Tuberías
- b) Fabricación de Tubos
- c) Transporte
- d) Trabajos previos de excavación
- e) Procedimientos para Manejo y Colocación de Tubería.
- f) Pruebas
- g) Relleno

El tema se fijó de común acuerdo con el Ing. Francisco Javier Rodríguez Z., Presidente del Jurado y el Ing. Abel Domínguez Palafox, Vocal.

Atentamente,


ING. SALVADOR DIAZ DIAZ.

c.c. archivo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MANEJO Y COLOCACION DE TUBERIAS DE GRAN DIAMETRO

PARA AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

I N D I C E

INTRODUCCION

- A) TIPOS DE TUBERIAS
- B) FABRICACION
- C) TRANSPORTE
- D) EXCAVACION
- E) PROCEDIMIENTOS PARA MANEJO
Y COLOCACION DE TUBERIA
- F) PRUEBAS
- G) RELLENO

APENDICE I. TUBERIA COLADA EN SITIO

BIBLIOGRAFIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

Desde el origen del hombre el agua ha sido un factor vital para la formación ó desarrollo de civilizaciones ante su presencia, así como elemento de destrucción y grandes catástrofes en su ausencia o acción violenta de sus fuerzas.

El problema de llevar agua a las poblaciones así como el desalojo de aguas utilizadas y el encauzamiento de aguas pluviales, ha sido tarea primordial para la supervivencia del hombre.

El constante crecimiento y desarrollo de las poblaciones lo ha obligado a buscar siempre mejores soluciones al problema, pero sobre todo, soluciones que cubran con las demandas dependiendo del tamaño de los asentamientos humanos.

Así pués, el correcto planteamiento de un proyecto y la solución de sus problemas en función de consideraciones técnicas y socioeconómicas es absolutamente necesario como base para llegar a realizar una obra satisfactoria. Para esto se han establecido una serie de lineamientos a seguir en los proyectos de agua potable y alcantarillado.

Pero para el óptimo funcionamiento de una red no sólo es importante un buen proyecto sino el correcto funcionamiento de todos y cada uno de los elementos que intervienen en el mismo, el que depende básicamente de 2 factores:

1. Normas de calidad en la fabricación de los elementos
2. Correcta instalación en obra de los elementos

En el presente trabajo se conjuntan recomendaciones y señalamientos para cumplir con los dos puntos anteriores en una forma práctica y eficiente, al hacer una investigación sobre las publicaciones técnicas derivadas de la experiencia en el campo de la construcción de redes para conducción de agua y drenaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A) TIPO DE TUBERIAS.

De acuerdo a su material de fabricación se tienen los siguientes tipos de tubería :

- 1) Acero
- 2) Acero corrugado
- 3) Asbesto-cemento
- 4) Concreto simple Prefabricada
 Colada en sitio
- 5) Concreto reforzado Prefabricada
 Colada en sitio
- 6) Concreto presforzado
- 7) Policloruro de vinilo (PVC)
- 8) Plástico reforzado
- 9) Fibra de vidrio

Para diseñar las tuberías se deberá contar con todos los datos referentes al aspecto hidráulico, como son: las fuerzas producidas por el líquido en movimiento; las pérdidas de carga, por fricción y locales; diámetro económico y espesor mínimo; presiones negativas máximas; etc.

En general, se admite el método elástico para analizar las estructuras sin embargo, cuando la naturaleza del problema lo requiera, se podrá admitir comportamiento inelástico de los materiales, siempre que la ocurrencia de dicho comportamiento no implique daños inaceptables en las tuberías.

Por otra parte de acuerdo al uso que se les dé, las tuberías podrán estar destinadas a la alimentación en centrales hidroeléctricas, a oleoductos, a gasoductos, a conducciones de líquidos y gases industriales, a acueductos, a alcantarillados o a sifones; motivo por el cual se tendrán limitaciones en cuanto al material usado, por ejemplo; las conducciones de productos petroquímicos necesariamente serán en tubería de acero debido a la alta corrosión de los líquidos conducidos, y centrándonos en el tema, las tuberías de alcantarillado y agua potable de gran

des diámetros tendrán que ser de acero, concreto reforzado o presforzado para resistir los esfuerzos producidos en las maniobras de instalación y del proceso constructivo de los acueductos o de los emisores, así como las acciones que a continuación se señalan.

Para el análisis y diseño de tuberías se considerarán las acciones debidas a los siguientes tipos de solicitaciones : permanentes, variables y accidentales.

ACCIONES PERMANENTES.

Las acciones permanentes en tuberías pueden ser : a) carga muerta debida al peso de rellenos, b) carga muerta debida al peso propio, al de piezas especiales (anillos, codos, bridas, etc.) y al del fluido en condición normal de operación, c) empuje estático de tierras o líquidos, d) deformación y desplazamientos impuestos y e) aislamientos.

ACCIONES VARIABLES.

Las acciones variables en tuberías pueden ser: a) carga viva por tránsito de vehículos en la superficie del relleno, b) carga por impacto de maquinaria y equipo en la superficie del relleno, c) efectos debidos a fuerzas flotación, d) efectos causados por cambios de temperatura, e) fuerzas producidas por el líquido en movimiento (como las provocadas en cambios de dirección, por flujo no establecido-golpe de ariete), f) vibraciones provocadas por flujo permanente a alta velocidad y g) efecto de la socavación.

ACCIONES ACCIDENTALES.

Las acciones accidentales en una tubería son las que pueden alcanzar valores significativos sólo durante lapsos muy breves; no son provocadas por el funcionamiento propio sino por acontecimientos extraordinarios (sismo, viento, nieve, explosiones, etc.).

Para los fines de análisis y diseño de tuberías enterradas o no, que se encuentren en una zona sísmica, será suficiente tomar en cuenta la acción accidental provocada por temblores, ya que es la que causa los efectos más desfavorables. No será necesario incluir otras acciones accidentales en el análisis formal, sino únicamente tomar precauciones para evitar comportamiento catastrófico en caso de que ocurriesen.

La tubería de acero lisa ó corrugada también puede cumplir con fines de alcantarillado y agua potable en algunos casos, pero debido a el alto precio de los productos de acero, los tubos de concreto reforzado y de concreto presforzado quedan sin competencia para los fines antes mencionados.

Es importante señalar que las tuberías de concreto reforzado de sección circular se clasifican en 4 tipos según su resistencia a la compresión en :

- Tipo I, de resistencia normal
- Tipo II, de resistencia extra
- Tipo III, de resistencia alta
- Tipo IV, de resistencia muy alta

Teniendo en todos los casos 3 diferentes espesores en las paredes (pared "A", pared "B" y pared "C").

En cuanto a su uso la tubería de concreto reforzado se refiere a la conducción de aguas negras, aguas pluviales y desperdicios industriales, o sea con fines de alcantarillado. En cambio la tubería de concreto presforzado es utilizada principalmente en la conducción de agua a presión, o sea en acueductos.

En las tuberías de concreto presforzado el acero se tensa de antemano de acuerdo a las normas de calidad, por otra parte estos tubos pueden ser de 2 tipos :

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- 1) Con cilindro de lámina de acero.
- 2) Sin cilindro de lámina de acero.

Actualmente la fabricación de tuberías de concreto reforzado permite tener tuberías de hasta 305 cm. de diámetro nominal; y en concreto presforzado se ha llegado a fabricar en México hasta 250 cm. de diámetro nominal.

Por otra parte las tuberías de acero corrugado pueden ser de tres tipos:

- 1) De una sola pieza
- 2) Anidables, formadas por 2 piezas
- 3) Seccionales, formadas por diversas piezas según sus dimensiones

El primer tipo de tubería existe solamente en sección circular hasta un diámetro máximo de 3.00 m.; la tubería tipo anidable tiene hasta 2.00 m. de diámetro en sección circular y 1.80 m. de luz en sección abovedada y el tercer tipo de tubería, o sea la seccional puede ser circular hasta 6.40 m. de diámetro, 6.30 m. de luz en diseño abovedado y 7.90 de luz en sección de arco.

El acabado de la tubería de acero puede ser galvanizado para proteger el tubo contra la corrosión, pero si se desea tener aún mayor protección puede dársele un recubrimiento asfáltico por dentro y por fuera de la tubería.

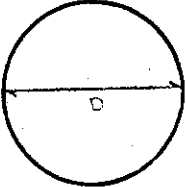
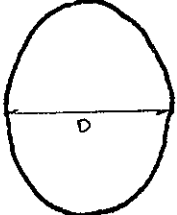
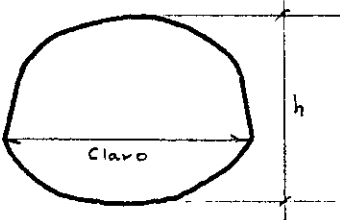
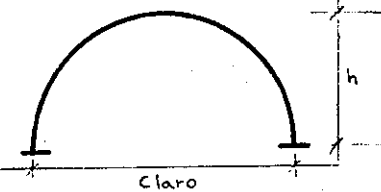
La aplicación de la tubería de acero corrugado se refiere al drenado ya sea con fines sanitarios o pluviales; al drenado transversal en carreteras, vías férreas o aeropuertos; o también a su uso con fines de irrigación.

Cuando los caudales a desaguar son importantes este tipo de tubería es comunmente empleada porque además puede solucionar el problema de terraplenes muy bajos con la sección abovedada o también el problema que

requiera utilizar toda el área hidráulica con la sección arco.

La tubería de acero es usada también en el área de conducción de agua potable sobre todo en el cruce por terrenos agresivos pero el proceso de fabricación no permite contar con tuberías de muy grandes diámetros que puedan soportar las acciones a que serán sometidas.

TABLA A.1 TIPOS USUALES DE CONDUCCIONES DE ACERO CORRUGADO

Forma	Límites de Tamaño	Usos comunes
<p>Tubo redondo</p> 	15.0 a 640.0 cm.	Alcantarillas, subdrenes, túneles, tuberías de agua, - - acueductos, drenajes. Para - terraplenes medianos, altos o trincheras.
<p>Elíptico vertical</p> 	122.0 a 640.0 cm	Alcantarillas, drenajes y túneles de servicio. Se emplean en donde la compactación es moderada.
<p>Tubo abovedado</p> 	Altura x Claro 45.0 x 28.0 cm a 625.0 x 400.0 cm	Se emplean donde la altura - está limitada constructiva- mente.
<p>Bóveda</p> 	Claro x altura 180.0 x 55.0 cm a 610.0 x 380.0 cm	Para cuando la altura esté limitada, o bien, para vías pluviales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B) FABRICACION.

A continuación se detallan los materiales, las dimensiones y métodos de fabricación de los tubos de los grandes diámetros usados en agua potable y alcantarillado, dividiéndolos en 3 grandes grupos : tubos de concreto reforzado, tubos de concreto presforzado y tubos de acero corrugado.

B.1) TUBOS DE CONCRETO REFORZADO.

Generalidades.

Los tubos de concreto reforzado podrán tener refuerzo de alambre o varilla; deberán llevar, en uno de sus extremos, una emboadura que permita juntarlos para formar una tubería cuya superficie interior sea continua y uniforme, de tal forma que evite fugas e infiltraciones.

Los tubos de concreto reforzado de sección circular se clasificarán en cuatro tipos según sea su resistencia a la compresión: Tipo I de resistencia normal, Tipo II de resistencia extra, Tipo III de resistencia alta y Tipo IV de resistencia muy alta. En las tablas B.1 a B.4 se presentan los requisitos que deben satisfacer estos tubos, de acuerdo con lo que se establece en la Norma Oficial Mexicana NOM-C-20. Se acepta la Prueba de los Tres Apoyos (Norma NOM-C-116) como la adecuada para determinar la resistencia a compresión de los tubos de concreto, para producir un estado límite de servicio con ancho máximo de grieta de 0.025

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

cm. o un estado límite de resistencia - ruptura del tubo.

Esta prueba se describe más detalladamente dentro del inciso F - del presente trabajo.

Cuando se emplee una malla de refuerzo circular, deberá colocarse a una distancia comprendida entre el 35 y el 50 por ciento -- del espesor de la pared, por el lado interior del tubo, excepto cuando el espesor de la pared sea menor de 6.3 cm, en cuya situación el recubrimiento interior del concreto sobre el refuerzo se rá mayor o igual a 1.9 cm.

Cuando se usen dos mallas de refuerzo circular, éstas deberán es tar colocadas de tal manera que el recubrimiento de concreto sea al menos de 2.5 cm. tanto en el lado interior como en el exte- - rior del tubo. Además, las dos mallas de refuerzo estarán arma- das entre sí de forma que el refuerzo total sea un solo conjunto.

Cuando se use refuerzo elíptico en tubo circular con pared de -- 6.3 cm. o más, el refuerzo deberá estar colocado de tal manera - que el recubrimiento de concreto sea, al menos, de 2.5 cm por la parte interior en el eje vertical y de 2.5 cm por la parte exte- - rior en el eje horizontal.

El acero circunferencial deberá formar una malla con los aceros - longitudinales, en cantidad suficiente para extenderse a toda la pared del tubo, con el fin de mantenerlo en posición correcta -- dentro del molde, para dar la rigidez y resistencia necesarias.

Cada línea de refuerzo circunferencial deberá estar fija en una armazón o jaula, con suficientes barras longitudinales para man- tener en forma rígida a la jaula y en posición correcta durante el vaciado del concreto. Cuando se trate de dos líneas de re- - fuerzo, estas deberán estar unidas entre sí para evitar movimien- tos diferenciales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando las uniones del refuerzo no sean soldadas, este se deberá traslapar en una longitud no menor de 20 diámetros para varilla corrugada; para varillas lisas y alambres estirados en frío, esta longitud no será menor de 40 diámetros. Si el traslape se ha ce soldado, su longitud no será menor de 5 cm.

Se permitirá el empleo de soldadura a tope para unir barras o va rillas. Con este proceso deberá cumplirse que la prueba de ten - sión del espécimen representativo debe resistir cuando menos un 75% de la resistencia del acero especificado.

El espaciamiento del acero circunferencial para tubos de diáme - tro mayor que 1.2 m no deberá exceder del espesor del tubo o de 15 cm. lo que sea menor.

El espesor de la pared del tubo no debe ser menor que la señala - da en las tablas B.1 a B.4, en más de 5% o 4.75 mm. lo que resul - te mayor; en cambio, sí podrán admitir que los espesores sean ma yores para desarrollar la resistencia indicada.

Materiales.

Concreto. El concreto consiste de: cemento Portland, agregados - pétreos y agua.

Cemento. Debe cumplir con las especificaciones de las Normas pa - ra Cemento Portland, NOM-C-1 en vigor y "Cemento Portland Puzola - na", NOM-C-2 en vigor.

Agregados. Los agregados son de tal tamaño y granulometría, que deberán estar proporcionados de manera que con la cantidad espe - cificada de cemento Portland y agua, se obtenga una mezcla de -- concreto de la calidad adecuada para obtener un tubo que satisfu - ga los requisitos de diseño y resistencia establecidos en esta - Norma.

Pueden usarse aditivos con la previa aprobación del comprador.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En ningún caso el contenido de cemento Portland será menor de -- 350 kilogramos por metro cúbico de concreto.

Refuerzo de Acero. Consiste de varillas que cumplen con las especificaciones de la Norma Oficial de Calidad para "Barras y Varillas de Acero Usadas en Concreto Armado", NOM-B-6 en vigor, o -- bien de alambre que cumpla con las especificaciones de la Norma Oficial de Calidad de "Alambre de Acero para Usos Generales", -- NOM-B-13 en vigor.

Agua. El agua deberá satisfacer los requisitos de la Norma "Recomendaciones para el Agua Usada en Concretos y Morteros", NOM-C-- 47 en vigor.

Procedimiento.

Para la fabricación de tubería de grandes diámetros es necesario contar con grandes espacios para establecer un procedimiento adecuado. Los espacios necesarios serán: patio de armado de acero de refuerzo, silos para almacenamiento de materiales, patio de fabricación, patio de fraguado inicial y patio de almacenamiento. Tanto el patio de fabricación como el de fraguado inicial deben de ser cubiertos, primero para permitir la fabricación en tiempo de lluvias y después para evitar la rápida deshidratación si se tienen los tubos bajo la acción directa de los rayos solares.

A continuación se describirá la secuencia para la fabricación de tubería de acero reforzado: (Fig. B.1)

- 1) Se hace la previsión adecuada de la materia prima a emplear.
- 2) En los patios se hace el armado de acero ya sea con malla -- electrosoldada (acero $f_s=6000 \text{ kg/cm}^2$ 10,10) o con varilla de -- $\frac{1}{2}$ " ϕ ó $\frac{5}{8}$ " ϕ dependiendo del diámetro del tubo y según las -- especificaciones NOM-C-20, aunque algunos fabricantes usan -- también alambre estirado en frío. El armado incluye también -- "el macho" y "la hembra" que también son de acero y a los cuales se fija la varilla o malla.

- 3) La fabricación se hace por medio de máquinas modernas que permiten hacer un colado centrífugo dentro de un molde de acero, utilizando bandas transportadoras para llevar el concreto hasta el interior del tubo. (Fig. B.2)

Una vez colocado el armado dentro del molde éste se lleva hasta la máquina donde se coloca en posición vertical dentro de el ahujero del diámetro correspondiente. Inmediatamente se hace bajar un eje en cuya parte inferior se encuentra un "plato" - que dará el límite del diámetro interior, siendo el diámetro exterior la pared del molde de acero.

Se agrega entonces el concreto que tiene la particularidad de contener muy poca agua y muy poco agregado grueso dentro del molde y por arriba del "plato" haciéndose en este momento girar el eje al mismo tiempo que va saliendo del molde quedando el concreto en la posición requerida debido a la fuerza centrífuga.

- 4) Una vez que se ha separado el eje, se saca el molde conteniendo el tubo recién colado por medio de un montacargas o por medio de una grúa, en algunas empresas se usan también grúas viajeras y se coloca en la sombra en posición vertical procediéndose ahora a desmoldar el tubo con sólo quitar unos pernos y abrir el molde en dos partes longitudinales. El molde en ocasiones se lubrica interiormente con aceite quemado para facilitar esta maniobra. El tubo queda listo para la siguiente etapa. (Fig. B.3)

- 5) La siguiente etapa consiste en el curado del tubo, idealmente se debe de sumergir en agua después de las 5 horas de colado hasta los 28 días, pero debido a la dificultad que ello representa en un proceso industrial el curado se hace a vapor con ayuda de una caldera especial. Después de 3 días en el patio de fraguado inicial ya se puede llevar al patio de almacenamiento y estibarlo en forma horizontal cuidando de no sobrepasar la carga de diseño.

Enseguida se presenta una tabla con los pesos de los tubos en diferentes diámetros.

TABLA B-5 PESOS Y DIMENSIONES DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO

DIAMETRO CMS. PULG.	ESPESOR PARED MM.	LONG. TOTAL M	LONG. UTIL M	PESO PZA. KG	PESO M.L. KG
1.22 48"	127	2.59	2.50	3200	1280
1.52 60"	153	2.60	2.50	4600	1840
1.83 72"	178	2.61	2.50	6400	2850
2.13 84"	203	2.61	2.50	9830	3932
2.44 96"	203	2.56	2.50	10000	4098
3.05 120"	280	2.10	2.00	14225	7112

Es importante hacer notar que el tubo tiene un ahujero al centro del mismo, con el fin de permitir el paso de un estrobo y poder maniobrarlo en la obra.

B.2) TUBOS DE CONCRETO PREFORZADO

Generalidades.

Para comprender la fabricación de estos tubos se establecen las siguientes definiciones :

Tubo primario, núcleo o corazón. En tubos sin cilindro de acero, es la parte cilíndrica de concreto que contiene al alambre de -- pretensado longitudinal. En tubos con cilindro de acero, el tubo primario es aquel constituido de un cilindro de lámina de acero con anillos soldados en sus extremos, el cual previamente se somete a una presión hidrostática y se ahoga en concreto.

Tubo presforzado. Es el que se obtiene cuando al tubo primario núcleo, una vez que ha alcanzado suficiente resistencia a la -- compresión, se le enrolla el alambre de pretensado transversal y, finalmente, se protege con un revestimiento de mortero de ce-
mento o de concreto.

Presión de trabajo del tubo. Es la presión interna máxima, obtenida como suma de la presión interna constante y de la sobrepresión interna transitoria, a la cual pueden ser sometidos los tubos en las condiciones normales previstas en el diseño.

Presión de diseño. Es la presión determinada con base en el -- análisis de los esfuerzos combinados, incluyendo los factores de seguridad.

Esfuerzos combinados. Son los que se obtienen al analizar la - tubería sometida a presiones internas, sobrepresiones internas debidas a golpes de ariete u ondas de choque y presiones externas, tales como cargas de relleno, cargas vivas e impacto.

Para la comprobación de la resistencia de aplastamiento de los tubos de concreto presforzado, será necesario aplicar la Norma Oficial Mexicana NOM-C-116 "Prueba de compresión para tubos de concreto", en vigor descrita más adelante en el inciso F.

Los tubos de concreto presforzado se deberán diseñar, para so- portar en adición a los 3 tipos de acciones, una presión hidros-
tática igual a 1.5 la presión de diseño, en cuya situación no - deberán existir fugas ni filtraciones.

Todos los tubos deberán ser capaces de soportar el esfuerzo de flexión para el relleno especificado, sin exceder un esfuerzo - permisible de tensión en el tubo primario de cuatro veces la -- raíz cuadrada de la resistencia a compresión del concreto.

El diámetro, la separación y el paso, para refuerzo helicoidal, del pretensado deben satisfacer las condiciones siguientes: el diámetro mínimo del alambre debe ser de 4 mm; no deben presentarse esfuerzos de tensión en el concreto del tubo primario en condiciones normales, excepto los que puedan provocarse por carga viva; el esfuerzo máximo en el tubo primario no deberá exceder a 4 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del concreto, bajo los efectos de la presión de diseño, combinados con la carga muerta externa del relleno. Tampoco se admitirá que el esfuerzo que resulte de los efectos de la presión interna en combinación con la carga muerta externa de relleno más cualquier carga viva aplicada incluyendo impacto, sea mayor que el valor indicado anteriormente. En todos los casos se debe tomar en cuenta el peso del agua dentro del tubo; todos los tubos se deben diseñar para resistir una presión hidrostática de prueba equivalente a 1.5 veces la presión de trabajo.

La separación máxima de los alambres o varillas del presfuerzo longitudinal quedará acotada por la menor de las siguientes distancias: 15 cm o dos veces el espesor del tubo primario. Para el presfuerzo transversal del tubo primario la separación centro a centro de los alambres será de 5 cm y para sistema helicoidal el paso máximo permisible será de 6.5 cm.

Materiales.

Cemento. El cemento utilizado en la elaboración del concreto con que se fabrican los tubos, debe ser Portland Tipo I ó II, y debe cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-C-1 en vigor. En el caso de riesgo de ataque por aguas y terrenos sulfatados no ácidos, se debe usar cemento Portland Tipo V, o cemento Portland Puzolánico que cumpla con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-C-2 en vigor.

Acero para pretensado y para refuerzo. Todo el acero, tanto pa-

ra pretensado como para refuerzo debe estar libre de escamas, aceites, grasas y herrumbre.

El alambre para el pretensado debe ser de acero de alta resistencia, y debe cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-293 en vigor.

El acero dulce para refuerzo no pretensado de los tubos primarios y el alambre de acero para refuerzo del concreto, deben ser en forma de varillas lisas o corrugadas y deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-6 en vigor.

Las mallas de alambre para refuerzo no pretensado del concreto en los tubos, deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-290 en vigor.

Las láminas o placas de acero para los acoplamientos de los tubos deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-281 en vigor.

Sellos de hule. Los empaques de hule, utilizados como sello de las juntas, deben ser anillos de sección y tamaño adecuados para obtener un sello estanco y deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-T-21 en vigor.

Especificaciones de producto.

Longitud. Los tubos deben tener una longitud total no inferior a 4 metros y no mayor de 8 m. con una tolerancia de ± 12 mm sobre la nominal.

Nota: Se pueden fabricar piezas especiales, con longitudes menores, necesarios para curvas de radio reducido y para conexión con codos, reductores, adaptadores, tés, extremidades y cuantos accesorios puedan ser necesarios.

Diámetro interno. El diámetro interno de los tubos deben cum--

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

plir con lo especificado en la tabla B.6.

TABLA B.6 DIAMETRO INTERNO Y SUS TOLERANCIAS.

Diámetro Interno	Tolerancias
400	- 6
500	- 6
600	- 6
750	- 6
900	- 6
1000	- 9
1050	- 9
1100	- 9
1200	- 9
1350	- 9
1400	- 9
1500	- 9
1800	- 12
2000	- 12
2100	- 12
2500	- 12
3000	- 12
3500	- 12
4000	- 12
4500	- 12
5000	- 12

Acabado. Todos los tubos deben ser de sección recta, anular circunferencial concéntrica, sin deformaciones ni ovalidades que pueden interferir con su instalación. Los tubos deben estar libre de defectos tales como: fracturas, grietas o superficie rugosa en su interior. Los planos de los extremos de los tubos deben ser perpendiculares a su eje longitudinal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nota: Debido a imperfecciones ocasionales en su manufactura, los tubos pueden ser reparados si es necesario, serán aceptables si las reparaciones son firmes y si los tubos cumplen con las especificaciones de esta norma.

Juntas. Las juntas de los tubos deben ser del tipo de "espiga y campana", hechas de concreto u otro material adecuado para tuberías sin cilindro de acero y de anillos de acero soldados al cilindro en el caso de tuberías con cilindro de acero, además de un sello de hule. Deben ser autocentrantes y con flexibilidad suficiente para mantener su estanquidad bajo condiciones normales, incluyendo movimientos debidos a expansión, contracción y asentamiento. La superficie de la campana debe ser cilíndrica o troncocónica, debe estar libre de asperezas o defectos y la espiga autocentrante debe estar perfectamente conformada. La profundidad mínima de enchufe debe ser la necesaria para permitir que la junta se abra con una deflexión angular mínima de un grado sin que haya fugas, en tubos con diámetro hasta de 1200 mm, o bien una deflexión mínima de 40 minutos en diámetros mayores.

Pruebas. En tubos de concreto reforzado se probarán la estanquidad de las juntas, la resistencia a la presión hidrostática y la absorción al agua; pruebas que se describirán en el inciso F del presente trabajo.

Diámetros. En la Tabla B.7 se muestran las características de fabricación de los diferentes diámetros más comerciales de tuberías de concreto presforzado.

Procedimiento.

La fabricación del tubo de concreto presforzado comprende tres operaciones principales:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Producción de un tubo primario provisto de alambres de pretensado longitudinal.
2. Zunchado del tubo primario por enrollamiento bajo tensión controlada de un alambre de acero que produce el pretensado transversal.
3. Protección del zunchado por una capa de concreto de revestimiento.

Las dos extremidades de un tubo se elaboran con precisión para recibir un anillo de elastómero y constituir una junta flexible autocentrante.

El tubo primario puede ser producido por centrifugación en moldes horizontales o por colado vertical.

La centrifugación y la fabricación de los tubos en posición horizontal constante es el procedimiento normal para los tubos -- hasta de 1200 mm. de diámetro.

El colado vertical es el procedimiento normalmente adoptado para los tubos primarios de mayor diámetro.

El colado vertical de los tubos primarios puede ser seguido de operaciones de zunchado y revestimiento realizadas sobre tubos bien sea en posición horizontal o vertical.

A continuación se presenta la descripción de los procedimientos de fabricación referidos al sistema más extendido, es decir a la centrifugación para los tubos primarios, seguida de zunchado y de revestimiento sobre tubos en posición horizontal.

Una planta de tubo centrifugado consta de dos secciones distintas:

- La cadena primaria

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Que está constituida por el circuito de moldes de donde salen los tubos primarios pretensado longitudinalmente.

- La cadena secundaria.

Donde entran los tubos primarios y de donde salen los tubos terminados después de las operaciones de zunchado, prueba hidráulica y revestimiento.

A continuación se examinan brevemente las principales operaciones (Fig. B.4):

Cadena Primaria

- 1) Armadura del pretensado longitudinal. El alambre de acero generalmente de diámetro 5 a 8 mm. es enderezado y cortado en largos exactos para constituir los monofilamentos ó generatrices del pretensado. Cada extremidad es roscada por rolado lo que preserva la plena resistencia del alambre.
- 2) Tensado. Los monofilamentos están provistos de una tuerca en sus extremos roscados y colocados en tensión entre los anillos situados en los extremos de los moldes de centrifugación. La puesta en tensión se efectúa con gato hidráulico a una tensión próxima al 80% de la resistencia a la ruptura del acero.
- 3) Centrifugación. El molde de centrifugación girando a baja velocidad recibe el concreto distribuido por una banda transportadora.
Después de distribuido el concreto, la rotación a gran velocidad somete al concreto a una aceleración centrífuga que alcanza 30 a 50 veces la gravedad.
Simultáneamente las ranuras repartidas de la máquina de centrifugar provocan una vibración intensa según una gama extensa de frecuencias de hasta 12,000 ciclos por minuto.
Bajo la acción conjugada de la vibración y de la centrifugación el concreto se compacta perfectamente y se libera del agua en -

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

exceso. Al fin de la operación de relación Agua/Cemento (A/C) - se aproxima a 0.30.

En diámetros superiores a 2.100 mm., el tubo primario-pretensado longitudinalmente se produce por colado vertical compactando se el concreto por vibración de alta frecuencia.

- 4) Estufado. Después de la centrifugación el fraguado del concreto se acelera por un tratamiento de vapor. El tiempo de pre-fraguado, el incremento de temperatura y la temperatura máxima son establecidos con valores tales que el tubo primario puede ser desmoldeado 4 ó 5 horas después de la centrifugación o del colado vertical, sin comprometer las características mecánicas finales del concreto.
- 5) Desmoldeado. Después del estufado, habiendo alcanzado el concreto una resistencia no menor de 200 kg/cm². suficiente para permitir el manejo del tubo, se abre el molde. Al comienzo de la operación el esfuerzo de los monofilamentos bajo tensión son transferidos del molde al concreto. Las tuercas al extremo de los alambres y los anillos de repartición contra las tuercas aseguran un anclaje positivo de los alambres y un pretensado efectivo lo más próximo a la extremidad de los tubos.
- 6) Rectificado. Después del desmoldeo el tubo primario pasa a un rectificado con ruedas de esmeril del interior de la campana a fin de calibrar y mejorar el estado de la superficie sobre la cual se deslizará la junta de hule de sello.
- 7) Patio Primario. Los tubos son depositados en un patio primario por un período de algunos días, habitualmente una semana, en el curso del cual el concreto adquiere el grado de resistencia requerido. Al llegar al patio primario los alveolos de las extremidades del alambre de pretensado son tapados con mortero de cemento o de resinas epóxicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cadena Secundaria.

- 1) Zunchado. El tubo primario, suficientemente "maduro" puede ser zunchado desde que la resistencia al aplastamiento del concreto primario llega a ser el doble de la prefatiga transversal a que va a ser sometido.

Esta prefatiga inmediatamente después del zunchado se limita -- normalmente a 250 K/cm². pero valores superiores, hasta 300 Kg/cm². pueden ser alcanzados excepcionalmente.

En el curso de la operación de zunchado, el tubo animado de un movimiento helicoidal recibe un enrollado continuo de alambre - pretensado sometido a una tensión usualmente igual a 80% de la resistencia a la ruptura.

La selección del diámetro del alambre y el paso de enrollamiento determinan el nivel de pretensado.

- 2) Prueba Hidráulica.

Cada tubo zunchado es sometido a la prueba hidráulica que tiene por objeto comprobar:

- La resistencia mecánica del acero y del concreto
- La estanqueidad del tubo primario

En esta etapa, los materiales son sometidos a fatigas al menos iguales a las que sufrirán posteriormente en servicio.

- 3) Revestimiento. Tan pronto como sea posible, después del zunchado y de la prueba hidráulica, el tubo pasa a la máquina de revestir.

En rotación lenta, el tubo recibe una capa de concreto con un - mínimo de agua vibrado a alta frecuencia (9,000 a 12,000 ciclos por minuto). El concreto desaereado y fluidificado por la alta frecuencia, recubre perfectamente el acero del zunchado.

El espesor de la capa de revestimiento se regula para obtener -

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

habitualmente una cubierta mínima de 19 mm., por encima de las espiras del zunchado.

Este espesor puede ser aumentado para incrementar la protección.

Juntas. Cualquiera que sea el tipo de tubos especiales y piezas especiales las juntas de una línea de conducción pueden ser clasificadas en tres categorías :

- 1) Junta normal (macho y campana), constituida por un anillo tórico de hule. Se trata de una junta flexible, capaz de deflexiones angulares y lineales dentro de los límites indicados. (Fig. B.5).
- 2) Junta mecánica (tipo similar a la Gibault), constituida esencialmente por un anillo de hule oprimido por medio de tornillos sobre los extremos de un barrilete metálico. Esta junta si no está bloqueada, permite desplazamientos axiales relativamente importantes. (Fig. B.6).
- 3) Junta de brida, constituida por el aplazamiento de una rondana de hule entre dos bridas metálicas atornilladas. Esta junta es rígida. (Fig. B.7).

Anillo de Sello. El anillo de sello es un elastómero fabricado y controlado siguiendo rigurosas especificaciones.

La junta queda constituida por un anillo colocado en la ranura del extremo macho del tubo a tensión.

El anillo así encaja sobre el extremo macho es comprimido por - deslizamiento en la campana ó extremo hembra. Para permitir el deslizamiento, el enchufe se lubrica con jabón vegetal.

Curado de tubos de concreto.

El curado es un tratamiento a que se someten los tubos, inmediatamente después de haber sido fabricados para evitar pérdida de agua de mezclado.

El objeto del curado para tubos de concreto es, obtener las condiciones más favorables para que se produzcan correctamente las reacciones químicas del cemento y evitar el fisuramiento por cambios de volumen, en el endurecimiento inicial del concreto.

Clasificación. El curado de los tubos de concreto se sujetará a -- cualquiera de los cinco tipos que a continuación se describen:

Tipo a Curado con agua

Tipo b Curado con vapor

Tipo c Curado con vapor y agua

Tipo d Curado con agua y aire caliente

Tipo e Curado con membrana selladora

Duración del curado. El curado de los tubos de concreto deberá sotenerse por el tiempo suficiente para que el concreto llegue a desarrollar la resistencia especificada a los veintiocho días o antes.

Tipo a. Curado con agua.

Los tubos pueden ser curados con agua, cubriéndolos con un material saturado de agua o por un sistema de tubos perforados, aspersores mecánicos, manguera porosa o por cualquier otro método que mantenga los tubos húmedos durante el tiempo especificado para el curado.

Tipo b. Curado con vapor.

Los tubos pueden colocarse en una cámara de curado, libre de rendijas, por donde pueda entrar el aire y mantenerlos en una atmósfera húmeda por la inyección del vapor, durante tal tiempo y tal tempe-

ratura como pueda necesitarse para que los tubos alcancen los requerimientos de resistencia especificados. La cámara de curado será construida de manera que permita la circulación del vapor alrededor de todo el tubo.

Tipo c. Curado con vapor y agua.

Será la combinación del curado con vapor y curado con agua.

Tipo d. Curado con agua y aire caliente.

Los tubos serán rociados por medio de aspersores que atomicen el agua y se inyectará al mismo tiempo una corriente de aire caliente que se distribuya uniformemente en toda la cámara de curado.

Tipo e. Curado con membrana selladora.

La membrana selladora se aplicará a los tubos y permanecerá intacta hasta que el concreto llegue a los requerimientos de resistencia especificados. Al tiempo de ser aplicada la membrana selladora, el concreto deberá estar a una temperatura no mayor no menor de 5° C. de la temperatura ambiente. Todas las superficies del tubo deben conservarse húmedas antes de la aplicación de la membrana y deberán ser rehumedecidas cuando se esté aplicando.

B.3) TUBOS DE ACERO CORRUGADO.

Generalidades.

Las tuberías de acero corrugado en cuanto a la denominación del material podrán ser de acero corrugado o placa estructural corrugada, que cumpla con la especificación ASTM-A-444. La forma de la sección transversal podrá ser circular, elíptica, combinada o en arco.

El espesor mínimo requerido quedará determinado por el diseño estructural. Cuando exista evidencia que la corrosión o abrasión disminuirán el espesor, deberá tomarse en cuenta ese efecto en la modificación de tal espesor.

Los tubos de acero corrugado con sección circular o combinada podrán tener sus uniones y costuras atornilladas o soldadas. Cuando la corrugación sea helicoidal la costura deberá hacerse con soldadura continua. Cuando se requiera emplear placa estructural corrugada, las uniones y costuras deberán ser atornilladas; los tornillos deberán tener cuando menos un diámetro de 1.9 cm. (3/4 de pulgada). Los tornillos y tuercas deberán ser de acero galvanizado y cumplir con la especificación ASTM-A-449 el proceso de galvanizado debe satisfacer la especificación ASTM-A-153. (Fig. B.8).

Para anclar los tubos de acero corrugado en piezas de concreto deberán emplearse tornillos, rectos o curvos, que satisfagan las dimensiones indicadas en la fig. B.8. El material de estos pernos debe satisfacer la especificación ASTM-A-307 y el de las tuercas la ASTM-A-563 Grado C.

Las uniones de los tubos de acero corrugado podrán ser de alguno de los siguientes tipos: con banda corrugada, con anillo liso de acero y especiales (Fig. B.9 y B.10).

El incremento de la longitud de la tubería, debido a las uniones, no deberá exceder de 7.5 cm por cada una de ellas.

Las corrugaciones comúnmente empleadas están formadas por arcos circulares conectados por tangentes. (Fig. B.11)

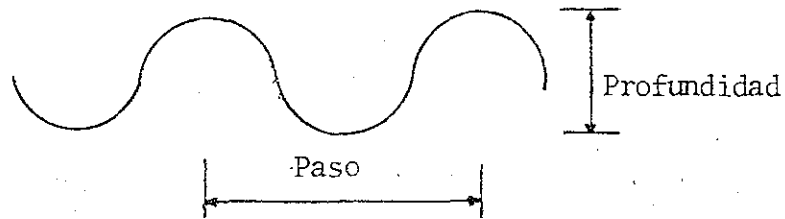


FIG. B.11 CARACTERÍSTICAS DE LA CORRUGACION DE UN TUBO DE ACERO

Efectos de corrosión. Para tubos de acero corrugado instalados en suelos con pH 5.8 se pueden tomar como guía el tiempo estimado, en años, de perforación de la pared que se indican en la tabla B.8.

TABLA B.8 TIEMPO ESTIMADO DE PERFORACION DE TUBOS DE ACERO CORRUGADO, COLOCADOS EN SUELOS CON pH 5.8

Espesor de la pared en cm (Calibre No.)	Condiciones normales de humedad	Condiciones de humedad excesiva
0.1625 (16)	49 años	22 años
0.2006 (14)	60 años	26 años
0.2768 (12)	84 años	36 años
0.3505 (10)	106 años	46 años
0.4267 (8)	más de 100 años	56 años
0.4775 (7)	" "	63 años
0.5537 (5)	" "	73 años
0.6324 (3)	" "	83 años
0.7112 (1)	" "	93 años

Procedimiento.

La tubería de acero corrugado de una sola pieza es fabricada mediante un proceso contínuo completamente automático, iniciándose con un rollo de lámina galvanizada sujeta a un estricto control de calidad, el rollo pasa por una acanaladora que forma las corrugaciones y una ceja en los bordes para efectuar el engargolado helicoidal y formar el tubo.

El engargolado es una junta resistente y herméticamente sellada a base de presión. Fig. B.12.



Fig. B.12 Junta Engargolado

El proceso de fabricación permite que el diámetro de la tubería sea uniforme al ser controlado por medio de guías.

Los tramos de tubería son de 6.00 m. como longitud estándar. Los calibres en que se fabrica la tubería son: 10, 12, 14 y 16; en diferentes corrugaciones y diámetros. (Ver tabla B.9).

Debido al sistema de unión utilizado por medio de banda de conexión se puede cubrir cualquier longitud requerida. Las bandas de conexión se fabrican con lámina galvanizada y con corrugaciones de 6.77 x 1.27 cm. con el fin de abrazar los tubos por unir. Para lograr una unión completamente hermética se utiliza una banda de neopreno que hace las funciones de empaque.

El sistema de fabricación de la tubería tipo anidable y seccional es muy similar al descrito anteriormente sólo que en este proceso se requiere troquelar la lámina para hacer la unión de las piezas y formar la alcantarilla, para formar la sección deseada en la alcantarilla tipo anidable se emplean ganchos especiales, en cambio

la tipo seccional se forma uniendo las piezas mediante tornillos.

Para estos tipos de alcantarillas se llega a utilizar en las grandes secciones lámina calibre No.1.

DIAMETRO		CORRUGACION	CALIBRES			
MTS.	PULG.		16	14	12	10
0.46	18	6.77 cm. x 1.27 cm.	24.0	30.0	41.0	52.0
0.53	21	6.77 cm. x 1.27 cm.	29.0	35.0	49.0	60.0
0.61	24	6.77 cm. x 1.27 cm.	32.0	39.0	54.0	66.0
0.76	30	6.77 cm. x 1.27 cm.	38.0	48.0	65.0	84.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	43.0	55.0	74.0	93.0
0.91	36	6.77 cm. x 1.27 cm.	46.0	57.0	77.0	97.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	52.0	64.0	88.0	112.0
1.06	42	6.77 cm. x 1.27 cm.	54.0	66.0	90.0	114.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	61.0	74.0	102.0	131.0
1.22	48	6.77 cm. x 1.27 cm.	60.0	75.0	103.0	132.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	69.0	84.0	116.0	149.0
1.37	54	6.77 cm. x 1.27 cm.	68.0	85.0	117.0	145.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	78.0	96.0	131.0	167.0
1.52	60	6.77 cm. x 1.27 cm.	94.0	129.0	162.0	202.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	87.0	105.0	144.0	186.0
1.67	66	6.77 cm. x 1.27 cm.	102.0	139.0	178.0	223.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	94.0	116.0	158.0	203.0
1.82	72	6.77 cm. x 1.27 cm.	112.0	154.0	194.0	244.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	103.0	127.0	173.0	220.0
1.98	78	6.77 cm. x 1.27 cm.	121.0	164.0	209.0	260.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	112.0	136.0	186.0	239.0
2.13	84	6.77 cm. x 1.27 cm.	131.0	176.0	226.0	281.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	121.0	147.0	200.0	258.0
2.28	90	6.77 cm. x 1.27 cm.	140.0	187.0	242.0	302.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	129.0	157.0	215.0	274.0
2.44	96	6.77 cm. x 1.27 cm.	150.0	200.0	259.0	323.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	136.0	167.0	230.0	295.0
2.59	102	6.77 cm. x 1.27 cm.	159.0	213.0	274.0	344.0
		7.62 cm. x 2.54 cm.	179.0	245.0	312.0	395.0
2.74	108	7.62 cm. x 2.54 cm.		188.0	261.0	330.0
2.89	114	7.62 cm. x 2.54 cm.		199.0	272.0	349.0
3.04	120	7.62 cm. x 2.54 cm.		210.0	286.0	367.0

FIG. B.9 PESOS DE TUBERIA DE ACERO CORRUGADO, SECCION CIRCULAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA B. 1
Requisitos que deben satisfacer los tubos de resistencia normal (tipo I)

DIAMETRO INTERIOR DEL TUBO (cm)	ESPESOR DE LA PARED (cm)	PARED "a" $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$		PARED "b" $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$		PARED "c" $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$		RESISTENCIA A LA COMPRESION METODO DE LOS TRES APOYOS CARGA MINIMA EN KG POR METRO LINEAL PARA PRODUCTOR GUATEMALA DE 0.25 mm	RUPURA	ABSORCION % MAXIMO
		REFUERZO DE ACERO, EN METROS CUADRADOS/METRO LINEAL	EN TUBO CIRCULAR	REFUERZO DE ACERO, EN METROS CUADRADOS/METRO LINEAL	EN TUBO CIRCULAR	REFUERZO DE ACERO, EN METROS CUADRADOS/METRO LINEAL	EN TUBO CIRCULAR			
30	1.1	1.48	5.1	1.48	1.48	1.48	1.48	1.165	2,200	8
30	1.1	1.48	5.7	1.48	1.48	1.48	1.48	1,855	2,780	8
45	1.1	1.48	6.3	1.48	1.48	1.48	1.48	2,200	3,295	8
60	1.4	2.75	7.6	1.48	1.48	1.48	1.48	2,980	4,470	8
76	1.0	3.17	8.9	2.54	2.54	2.54	2.54	3,710	5,563	8
91	1.6	2.95	10.2	2.96	1.90	2.75	1.48	4,445	6,655	8
107	1.9	3.39	11.4	3.17	2.54	3.00	1.69	5,225	7,835	8
122	10.2	4.44	12.7	3.81	2.96	4.23	2.33	5,960	8,935	8
152	12.7	6.35	15.2	5.29	4.02	5.92	3.17	7,420	11,130	8
183	13.2	8.57	17.8	7.40	5.50	8.25	5.08	8,935	13,400	8
213	17.8	10.79	20.3	9.73	7.19	10.79	6.98	10,400	15,600	8
244	20.3	13.12	22.9	12.06	9.10	13.31	9.73	11,915	17,870	8
		$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$		$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$		$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$				
		INT. CIR.		INT. CIR.		INT. CIR.				
		17.98		16.08		12.06				13,380
		13.54		12.06		13.54				20,063
		6.56		5.71		11.21				8
		13.54		13.54		11.21				

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Requisitos que deben satisfacer los tubos de resistencia extra (tipo II)

DIAMETRO INTERIOR DEL TUBO (cm)	ESPESOR DE LA PARED (cm)	PARED "A" f _c = 280 kg/cm ²			PARED "B" f _c = 280 kg/cm ²			PARED "C" f _c = 280 kg/cm ²			RESISTENCIA A LA COMPRESION METRO DE LOS TRES APUNTES-CARGA METRICA EN KG POR METRO LINEAL PARA PRODUCTOR GRUPO DE RIFTURA 0-25 mm	RESISTENCIA A LA COMPRESION METRO DE LOS TRES APUNTES-CARGA METRICA EN KG POR METRO LINEAL PARA PRODUCTOR	N			
		REFUERZO DE ACERO, EN CENTIMETROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO, EN CENTIMETROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA EXTERIOR	EN CENTIMETROS LINEAL EN TUBO ELIPTICO EN TUBO CIRCULAR	REFUERZO DE ACERO, EN CENTIMETROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO, EN CENTIMETROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA EXTERIOR	EN CENTIMETROS LINEAL EN TUBO ELIPTICO EN TUBO CIRCULAR	REFUERZO DE ACERO, EN CENTIMETROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO, EN CENTIMETROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA EXTERIOR	EN CENTIMETROS LINEAL EN TUBO ELIPTICO EN TUBO CIRCULAR						
70	4.5	1.48	1.48	5.1	1.48	1.48	5.1	1.48	1.48	12.1	1.69	1.48	1.90	1,980	2,930	8
38	4.8	1.48	1.48	5.7	1.48	1.48	5.7	1.48	1.48	13.3	2.54	1.90	2.75	2,555	3,710	8
45	5.1	1.48	1.48	6.3	1.48	1.48	6.3	1.48	1.48	14.6	3.39	2.54	3.81	2,955	4,395	8
60	6.4	3.60	3.60	7.6	1.48	1.48	7.6	1.48	1.48	17.2	5.29	4.02	5.92	4,020	5,955	8
75	7.0	4.02	4.02	8.9	3.81	3.81	8.9	3.17	3.17	19.7	7.62	5.71	8.46	5,010	7,420	8
91	7.5	4.44	3.39	10.2	3.60	2.75	10.2	4.02	4.02	22.1	1.69	1.48	1.90	6,000	8,895	8
107	8.9	5.29	4.02	11.4	4.44	3.39	11.4	4.87	4.87	24.8	2.54	1.90	2.75	7,055	10,450	8
122	10.2	6.78	5.08	12.7	5.06	3.81	12.7	5.71	5.71	27.2	3.39	2.54	3.81	8,045	11,910	8
152	12.7	9.31	6.98	15.2	7.19	5.50	15.2	8.04	8.04	32.2	5.29	4.02	5.92	10,020	14,840	8
183	15.2	12.05	9.10	17.8	10.37	7.83	17.8	11.43	11.43	37.2	7.62	5.71	8.46	12,080	17,870	8
213	17.8	15.23	11.43	20.3	13.54	10.15	20.3	15.02	15.02	42.2	10.58	8.04	11.85	14,040	20,800	8
234	20.3	19.68	14.81	22.9	16.08	12.06	22.9	17.77	17.77	47.2	14.81	11.21	11.21	16,080	23,835	8

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA B. 3
Requisitos que deben satisfacer los tubos de resistencia (tipo III)

LÍNEA TIPO INTERIOR DEL TUBO	ESPESOR DE LA PARED (cm)	PARED "A" $f_t = 280 \text{ kg/cm}^2$			PARED "B" $f_t = 280 \text{ kg/cm}^2$			PARED "C" $f_t = 280 \text{ kg/cm}^2$			RESISTENCIA A LA COMPRESION, METODO DE LOS TRES APOYOS, CARGA MINIMA EN KG POR METRO LINEAL PARA PRODUCTOR GRILETA DE 0.25 mm	RESISTENCIA A LA COMPRESION, METODO DE LOS TRES APOYOS, CARGA MINIMA EN KG POR METRO LINEAL PARA PRODUCTOR GRILETA DE 0.25 mm	ABSORCION MAXIMO	
		REFUERZO DE ACERO, METROS CUADRADOS/LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO, METROS CUADRADOS/LINEA EXTERIOR	EN TUBO ELIPTICO EN TUBO CIRCULAR	REFUERZO DE ACERO, METROS CUADRADOS/LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO, METROS CUADRADOS/LINEA EXTERIOR	EN TUBO ELIPTICO EN TUBO CIRCULAR	REFUERZO DE ACERO, METROS CUADRADOS/LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO, METROS CUADRADOS/LINEA EXTERIOR	EN TUBO ELIPTICO EN TUBO CIRCULAR				
30	4.5	3.17		5.1	1.48	4.1	1.48	4.1	1.48	4.1	1.48	2,200	4,395	8
35	4.8	3.59		5.7	2.12	4.7	2.12	4.7	2.12	4.7	2.12	2,700	5,565	8
45	5.1	4.06		6.3	2.95	5.3	2.95	5.3	2.95	5.3	2.95	3,295	6,590	8
60	6.4	6.14		8.1	5.71	7.1	5.71	7.1	5.71	7.1	5.71	4,470	8,935	8
80	7.0	8.84		8.9	7.40	7.9	7.40	7.9	7.40	7.9	7.40	5,565	11,130	8
107				10.2	6.95	10.6	6.95	10.6	6.95	10.6	6.95	6,665	13,330	8
11				11.4	7.40	11.8	7.40	11.8	7.40	11.8	7.40	7,835	15,670	8
125				12.7	8.29	13.1	8.29	13.1	8.29	13.1	8.29	8,935	17,670	8
152														
204														
213														

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA B. 4
Requisitos que deben satisfacer los tubos de muy alta resistencia (tipo IV)

DIAMETRO INTERIOR DEL TUBO (cm)	ESPESOR DE LA PARED (cm)	PARED "a" $f_c=420 \text{ kg/cm}^2$		ESPESOR DE LA PARED (cm)	PARED "b" $f_c=420 \text{ kg/cm}^2$		ESPESOR DE LA PARED (cm)	PARED "c" $f_c=420 \text{ kg/cm}^2$		RESISTENCIA A LA COMPRESION METODOS DE LOS TRES APO-YOS, CARGA MINIMA EN KG. POR METRO LINEAL PARA PRO-DUCIR GRIETA DE 0.25 mm	RESISTENCIA A LA COMPRESION METODOS DE LOS TRES APO-YOS, CARGA MINIMA EN KG. POR METRO LINEAL PARA PRO-DUCIR RUPATURA	MARGEN MAXIMO
		REFUERZO DE ACERO EN CENTI-METROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO EN CENTI-METROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA EXTERIOR		REFUERZO DE ACERO EN CENTI-METROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO EN CENTI-METROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA EXTERIOR		REFUERZO DE ACERO EN CENTI-METROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA INTERIOR	REFUERZO DE ACERO EN CENTI-METROS CUADRADOS/METRO LINEAL LINEA EXTERIOR			
30				5.1	2.12					4,395	5,490	8
38				5.7	2.96					5,565	6,955	8
45				6.3	4.02			3.39		6,590	8,240	8
60				7.6	6.35			5.08		8,935	11,165	8
76				8.9	8.67					11,130	13,915	8
91				10.2	10.53					13,330	16,660	8
147				11.4	12.69					15,670	19,690	8
122				12.7	15.44					17,870	22,335	8
152										17.2	22,260	8
183										14.81	27,925	8
										20.95	33,500	8

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

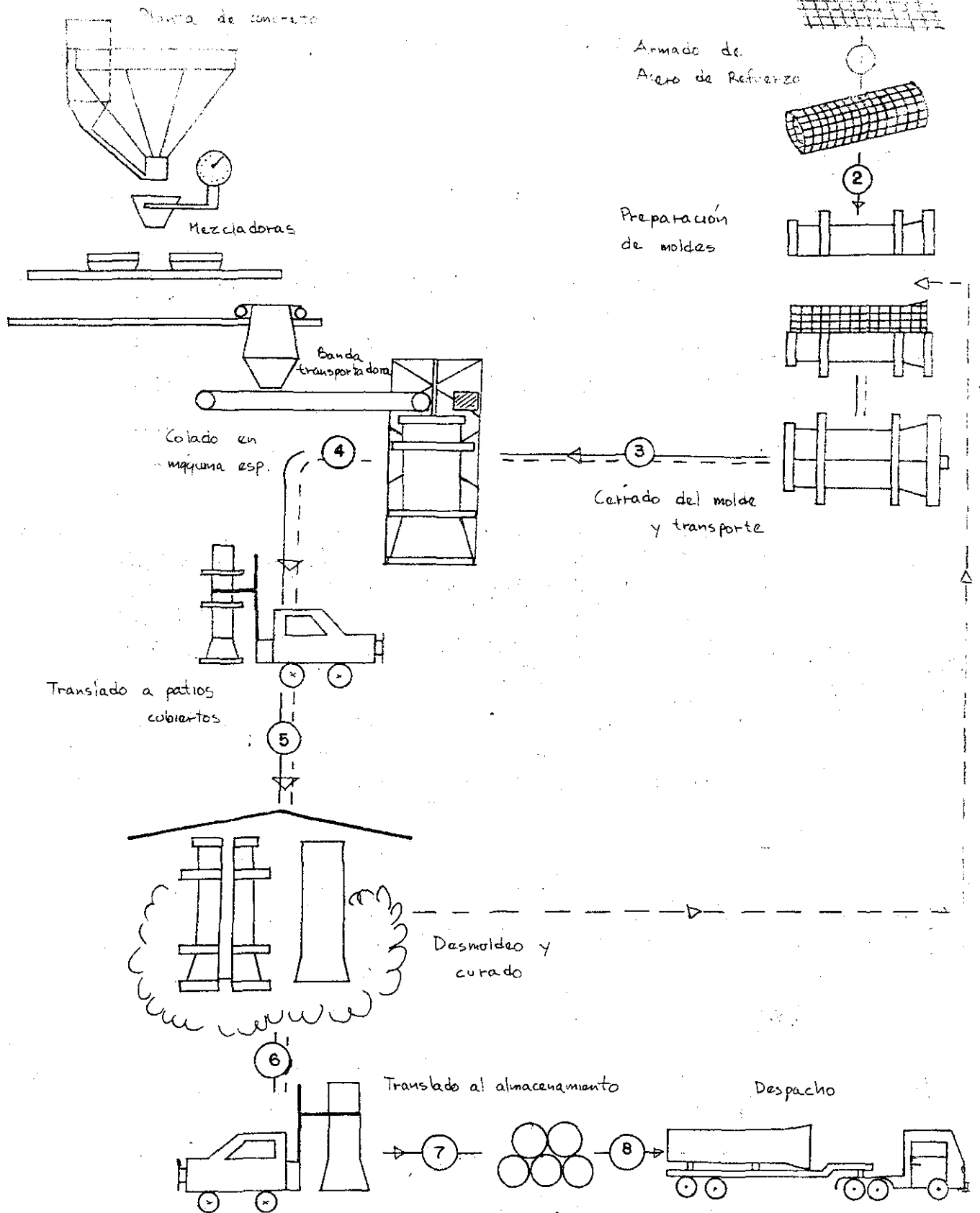
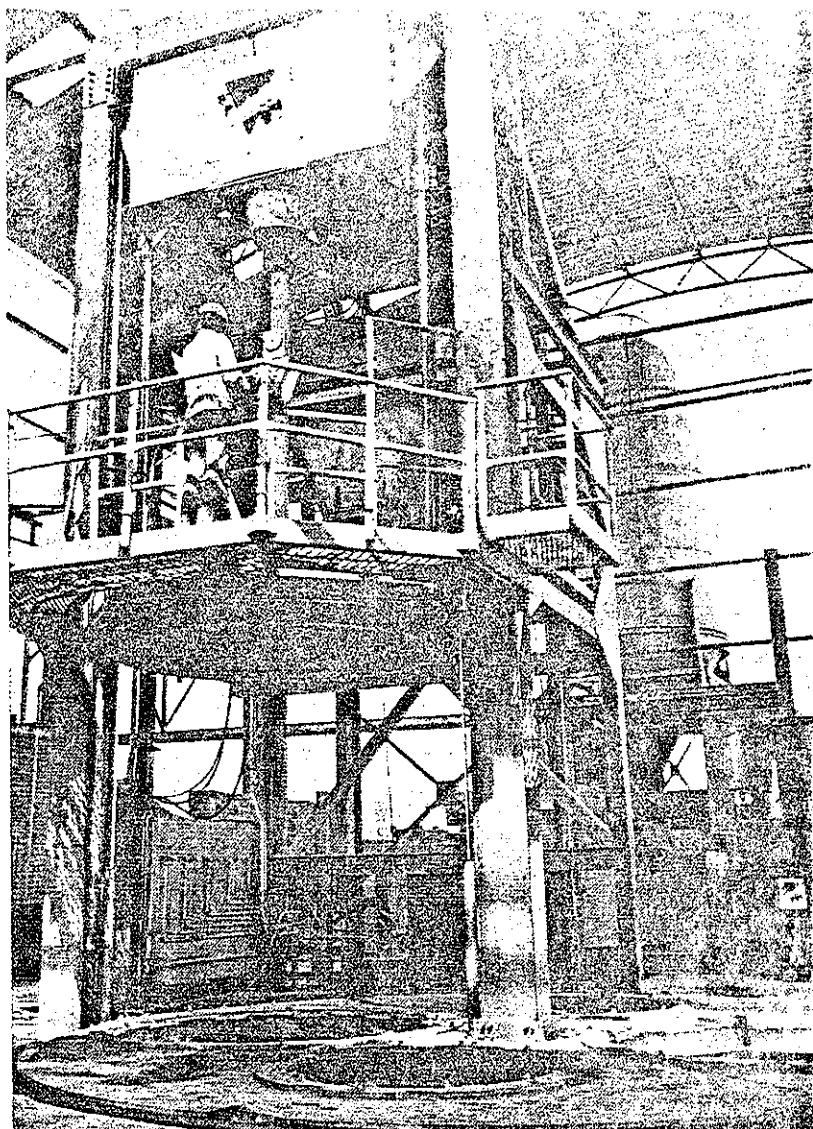


FIGURA B.1.- ESQUEMA DE FABRICACION DE TUBOS DE CONCRETO REFORZADO

Fig. B.2

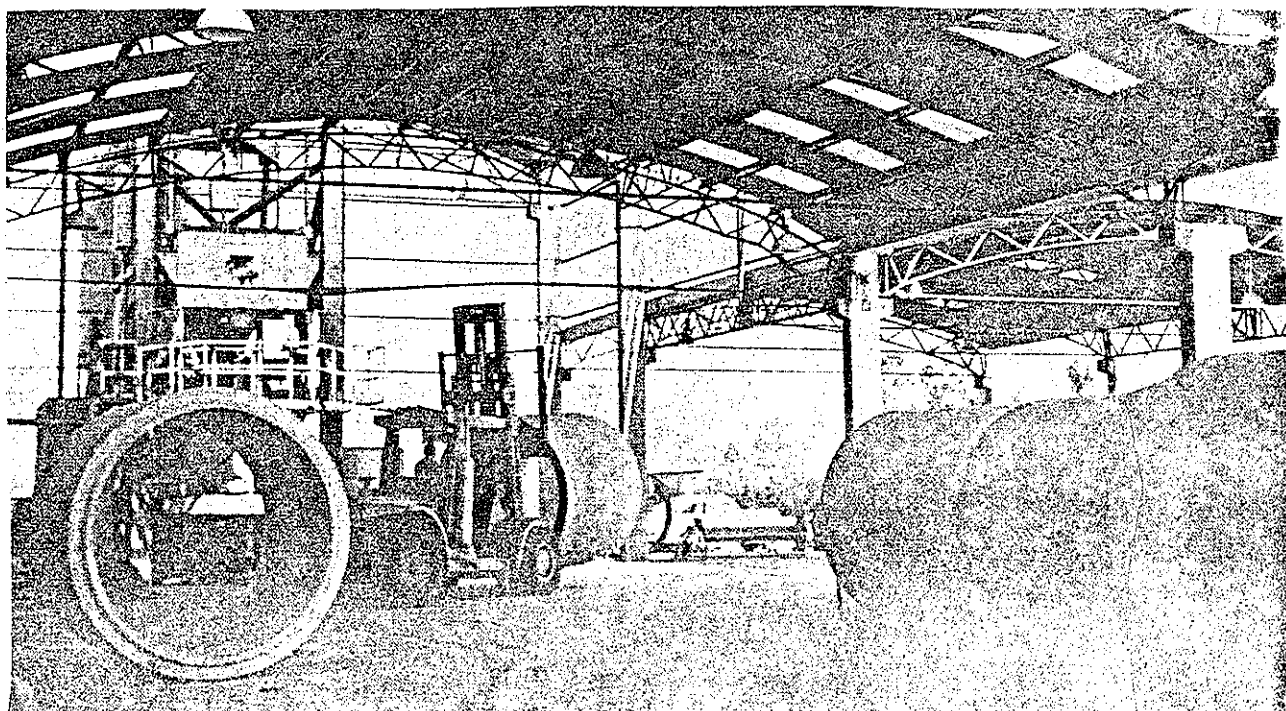
Máquina para fabricación de tubería de concreto reforzado, Método "PACKERHEAD"



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. B.3

Maniobras en fábrica.



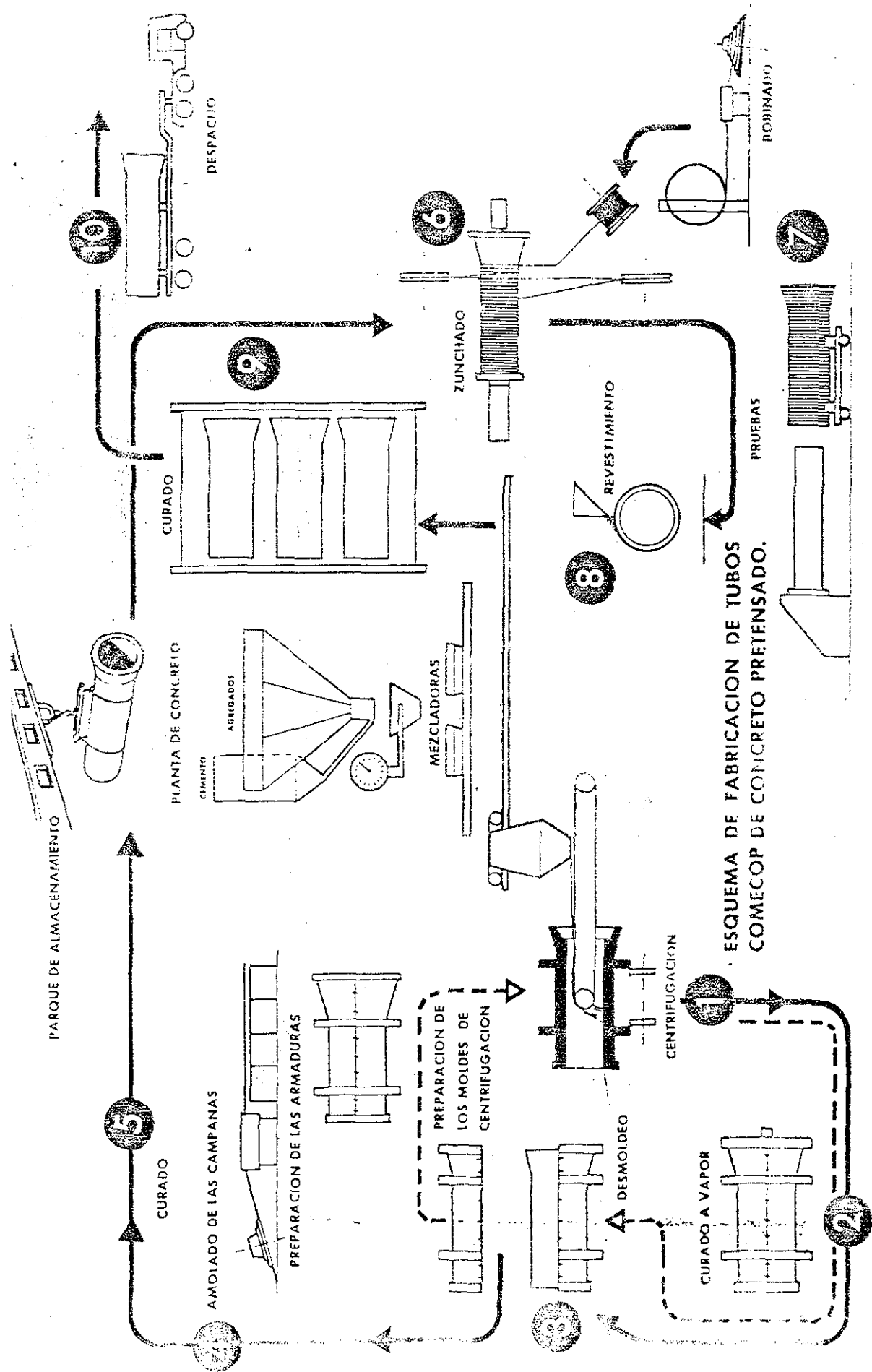


FIG. B. 4

TABLA B. 7

CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS DE CONC. PRETENSADO - DIÁMETROS DE 750 A 2100 mm.

DIÁMETRO INTERIOR		750	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
(SERIE NORMAL I)															
Di.	DIAM. EXT. TUBO	770	920	1020	1120	1220	1320	1420	1520	1620	1720	1820	1920	2020	2120
Dc.	DIAM. EXT. CAMPANA	920	1084	1194	1304	1414	1524	1614	1744	1854	1964	2074	2184	2294	2404
Di.	LONGITUD CAMPANA	1120	1317	1427	1537	1682	1792	1877	2034	2144	2277	2387	2522	2652	2742
Di.	LONG. TUBO TOTAL	817	817	817	817	933	933	911	1008	1008	1086	1086	1172	1172	1172
Di.	LONG. TUBO TOTAL	7131	7131	7131	7131	7148	7148	7148	7161	7161	7173	7173	7188	7188	7188
PESO TOTAL DE UN TUBO (SERIE NORMAL I)															
De.	DIAM. TEORICO ENCHUFE	3850	5250	6065	7140	8150	9240	10000	11650	12880	14280	15765	17290	18900	20540
Dim.	DIAM. TEORICO TALON DE JUNTA	927	1092	1202	1312	1423	1533	1623	1754	1864	1975	2085	2195	2305	2415
a	PROFUNDIDAD TEORICA ENCHUFE	923	1086	1196	1306	1416	1526	1616	1746	1856	1966	2076	2186	2296	2406
b	JUEGO DE ENCHUFE TEORICO	141	141	141	141	158	158	158	171	171	183	183	198	198	198
b	PENETRACION TEORICA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
b	DEFLEXION MAXIMA	96	96	96	96	110	110	111	120	120	130	130	141	141	141
c	DEFLEXION 2/3 α	1°45'	1°40'	1°35'	1°30'	1°25'	1°25'	1°29'	1°51'	1°10'	1°05'	1°	1°	0°55'	0°50'
c	RADIO DE CURVATURA	1°10'	1°07'	1°03'	1°	0°57'	0°57'	0°55'	0°50'	0°46'	0°43'	0°40'	0°40'	0°37'	0°33'
c	DESENCHUFE LINEAL	15.7	17.9	18.7	19.5	20.2	21.9	21.9	22.1	21.8	21.5	21.1	22.3	21.7	20.3
c	DEFLEXION α / 2	344	359	382	401	422	422	453	482	523	560	602	602	650	725
c	DESENCHUFE LINEAL	0°52'	0°50'	0°48'	0°45'	0°42'	0°42'	0°40'	0°38'	0°35'	0°32'	0°30'	0°30'	0°27'	0°25'
c	RADIO DE CURVATURA	11.6	13.4	14.2	15.6	14.9	16.1	16.5	16.6	16.5	16.2	15.9	16.8	15.9	15.4
c	DIAM. SECCION JUNTA DE HULE	462	482	501	535	573	573	602	642	688	742	802	802	891	962
d	DIÁMETRO INTERIOR	20	22	22	22	24	24	24	26	26	28	28	30	30	30
De.	PESO TOTAL DE UN TUBO (SERIE REFORZADA II)	750	900	1000	1100	1200	1300	1380	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
De.	PESO TOTAL DE UN TUBO (SERIE REFORZADA II)	4400	5800	6800	7850	8800	10000	10080	12500	13850	15250	16900	18750	20650	22510

TESIS CON

FIGURA B6. JUNTA CON ANILLO DE HULE

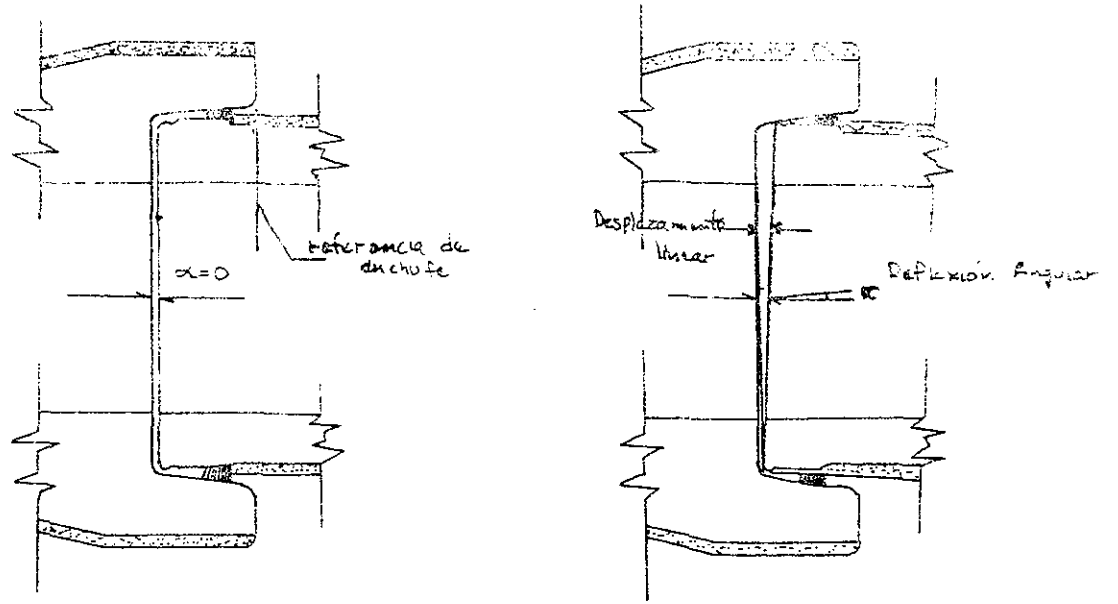


FIGURA B6.-
JUNTA MECÁNICA
TIPO GIBault

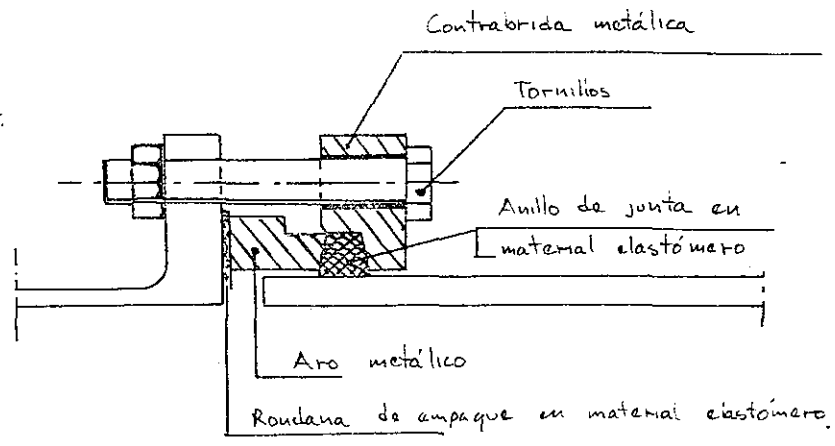
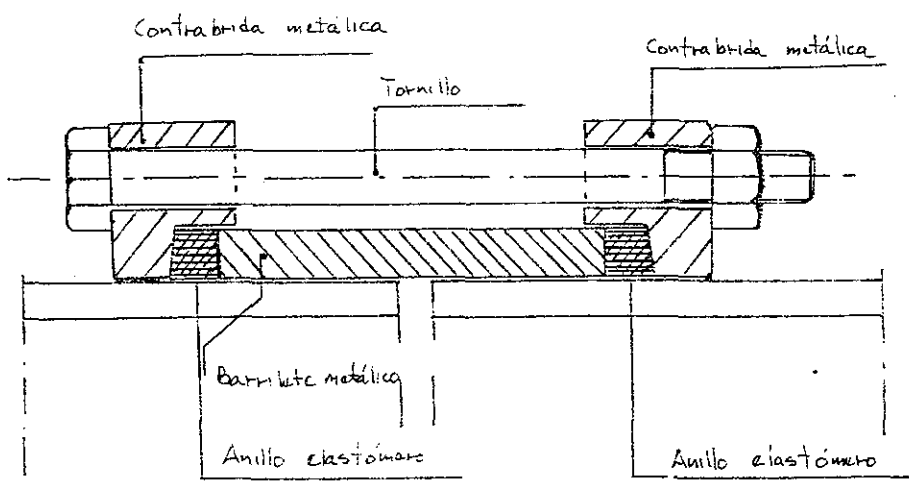
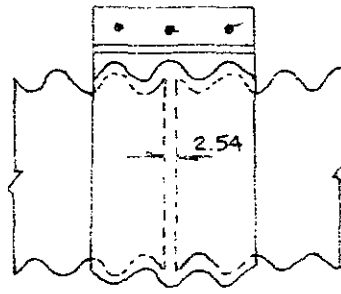
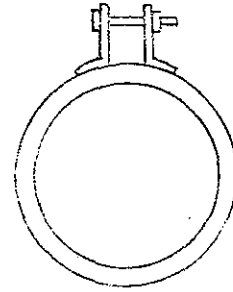


FIGURA.-B.7.- JUNTA MECÁNICA TIPO BRIDA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

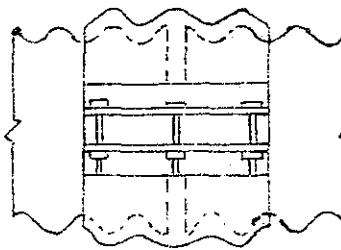


Vista lateral

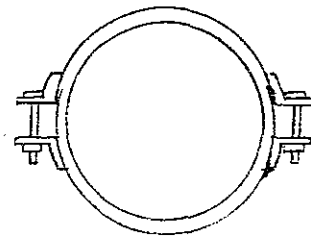


Vista de punta

Tipo estándar

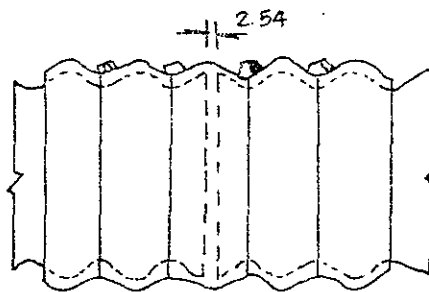


Vista lateral

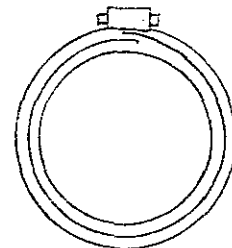


Vista de punta

Tipo de dos piezas



Vista lateral



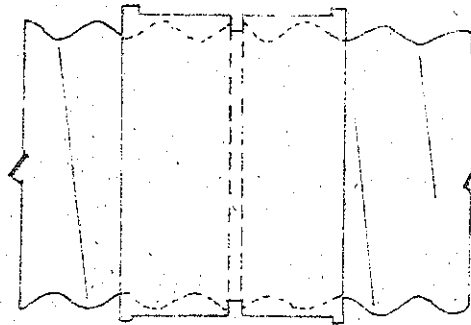
Vista de punta

Tipo de varilla y tuerca

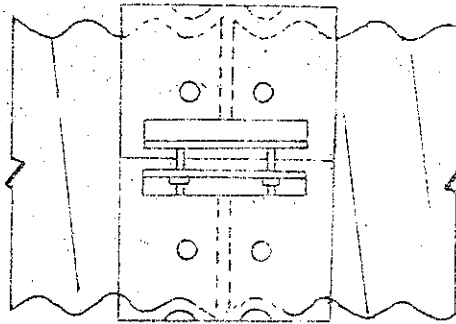
Acotaciones en cm.

FIG B.9 TIPOS DE UNIONES CON BANDA CORRUGADA.

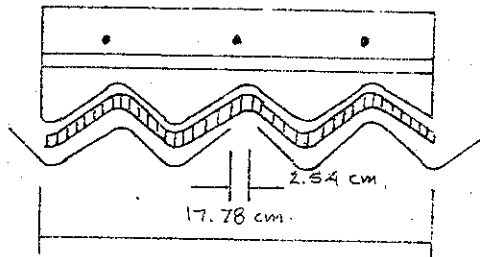
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Conexión lisa



Conexión con banda acero-aca



Empaquetado de neopreno

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FIGURA B.10 - TIPOS DE UNIONES CON ANILLO DE ACERO LISO Y ESPECIALES

C. TRANSPORTE.

Los principales problemas de productos terminados de concreto están relacionados con su manejo, transporte y colocación.

El mejor método para superar los problemas que se presentan con los productos de concreto y el concreto colado en obra, es evitar que ocurran; la mayoría de los problemas en relación con los productos de concreto pueden ser atribuidos a alguna falla en el diseño, y las causas principales son:

1. Resistencia de diseño inadecuada que da como resultado deflexión y agrietamiento excesivos.
2. Recubrimiento inadecuado del acero de refuerzo, que produce corrosión y descascaramiento del concreto.
3. Técnicas incorrectas de manejo, transporte y colocación que causan agrietamiento de los elementos y corrosión del acero de refuerzo.

La necesidad de manejar productos de concreto impone límites prácticos sobre el tamaño de dichos elementos y los problemas asociados con conexiones restringen su empleo a estructuras relativamente sencillas, aunque no necesariamente pequeñas.

Transporte y Manejo.

Muchos productos de concreto son voluminosos y requieren técnicas especiales de manejo.

Otros productos, especialmente fabricados para un proyecto especial, debe considerarse muy bien la posibilidad de agrietamiento, descascaramiento, o algún otro defecto debido a esfuerzos contrarios, y deben desarrollarse técnicas apropiadas de manejo. De hecho, estos problemas deben ser considerados en la etapa de diseño y se deben tomar medidas para los esfuerzos resultantes en el manejo y transporte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los tubos de concreto reforzado son otro de los productos que requieren manejo cuidadoso: el acero de refuerzo está dispuesto de tal manera que, cuando el tubo ya esté colocado, soporte las presiones de la tierra y de las cargas sobrepuestas; sin embargo, al momento de ser colocados, los tubos pueden ser suspendidos por arriba, es decir, exactamente con la carga contraria para la que fueron diseñados. El peso propio de los tubos de diámetro pequeño no es suficiente para provocar el agrietamiento, pero en tubos de gran diámetro y de paredes gruesas, debe tenerse en cuenta esta posibilidad. Normalmente esto se previene mediante la incorporación de una segunda capa de acero de refuerzo que puede ser alojada en las paredes más gruesas.

Agrietamiento. Los elementos grandes de concreto prefabricados son propensos a sufrir agrietamiento en los cambios de sección, en las esquinas agudas, etc., el cual es debido a un diseño deficiente y debe ser eliminado cambiando este último. Antes de dar por terminado el diseño de cualquier elemento grande, del cual se colará una cierta cantidad de piezas, debe producirse con suficiente anticipación un modelo, con el cual sea posible identificar y superar cualquier problema de diseño, de colado o de manejo.

Descascaramiento. Los elementos de concreto prefabricados están tan propensos a descascararse debido a la corrosión del acero de refuerzo, como el concreto convencional. La causa principal de la corrosión del acero de refuerzo, es un recubrimiento inadecuado; en el caso de elementos prefabricados que deben ser manejados y transportados, existe una tendencia a reducir el recubrimiento con el fin de ahorrar peso, una tendencia que debe evitarse ya que un recubrimiento inadecuado unido a un posible golpe de la pieza durante el manejo iniciará la corrosión citada.

Trabajos recientes han demostrado que el ancho de las grietas no influye en la rapidez de la corrosión. Las grietas, cualquiera que sea su ancho, actúan sólo como el punto inicial de la corrosión, y la rapidez con que se desarrollen dependen de la porosidad del concreto utilizado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Generalidades:

Se debe proveer un plan de ejecución de los trabajos para que el transporte de los tubos se base en dicho plan, en el plan de ejecución deberá quedar claro el sentido del avance de la colocación, la clase de tubo a emplear así como los trabajos especiales a realizar como son voladuras de rocas, obras a construir previamente, cajas de válvulas, cruces, etc., para que los tubos se descarguen en el sitio preciso para su instalación y no afecten en la medida de lo posible a trabajos paralelos.

En la orden de embarque deberá quedar asentado si es posible la ubicación exacta de la descarga del tubo transportado.

El transporte de la tubería se realiza de la fábrica al lugar de obra por medio de trailer de 30 ó 40 toneladas de capacidad, con un largo disponible de 9 y 12 metros.

Para tener una idea en cuanto al flete a continuación se muestra una tabla donde se indica el número de tubos y el diámetro del mismo que pueden ser transportados en los 2 tipos de trailer. (Tubería de concreto reforzado).

DIAMETRO DEL TUBO (M.)	LONG. DEL TUBO (M.)	NUMERO DE TUBOS A TRANSPORTAR EN UN TRAILER	
		CAP. 30 TONS.	CAP. 40 TONS.
1.52	2.60	6	7
1.83	2.61	5	6
2.13	2.61	3	4
2.44	2.56	2	3
3.05	2.10	2	2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Algunos tubos se llevan al lugar de la obra en camiones dotados de medios autónomos de descarga, como son malacates y poleas, pero generalmente la carga y descarga del camión se realiza por medio de grúas, -- aunque en un momento dado se pueden utilizar montacargas de uñas, o tractor de pluma lateral.

Desde luego que la descarga deberá efectuarse en los puntos cercanos a la obra y a caminos transitables en todo tiempo.

Dentro de la zona de trabajo debe ser considerada una pista de circulación suficiente para el acceso de camiones debiendo quedar preparada paralelamente a la zanja.

La pista de circulación y el camellón de material excavado se disponen a un costado y otro de la zanja de acuerdo con el mejor compromiso posible entre exigencias contradictorias que contemplan o plantean.

- Las vías de acceso
- Las pendientes transversales del terreno
- La protección contra escurrimientos de agua
- La eventual evacuación de las aguas bombeadas de la zanja

Durante el transporte, el tubo debe apoyarse sobre dos traviesas de madera, guarnecidas de madera o de hule. (Fig. C.1).

Ambas traviesas deben ser suficientemente anchas (mínimo 20 cms.) y dispuestas con aproximación a 4.10 m. entre ejes.

Cada tubo debe quedar atracado transversal y axialmente.

La carga se amarra con cables de diámetro suficiente (20 mm) para no afectar el revestimiento. De otra forma conviene insertar una banda ahulada entre cable y tubo.

Deben evitarse los golpes o raspones que pueden dañar al concreto del tubo, de manera muy particular en las campanas y las espigas.

La descarga se hace con grúa o por rampas y cabrestante.

El manejo se asegura por cinchos o eslingas de cable grueso. (Fig.C.2)
No se utilicen ganchos para tomar el tubo por los extremos, ya que ello lesionaría las superficies a formar la junta. (Fig. C.3).

El acomodo es la operación que consiste en colocar cada tubo lo más cerca posible de su lugar exacto de colocación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando los camiones no tienen libre acceso a la zona de instalación, el acomodo implica un nuevo movimiento de cada tubo sea con un tractor -- con grúa lateral, sea con un carro jalado por un tractor. Sobre el carro o aparato de acomodo, las superficies de apoyo del tubo estarán re cubiertas de madera o hule. La operación debe ser bien realizada para evitar tiempos muertos en la colocación y eliminar inútiles desplaz a - mientos de los artefactos de carga.

Dentro de lo posible, los tubos son alineados paralelamente al eje de la línea. Entre tubo y tubo es necesario dejar un espacio de 30 a 50 - cms. lo que implica depositar dos tubos, lado a lado, cada 140 m. aprox imadamente. Siendo los tubos disimétricos (macho y campana) deben ser colocados en el sentido correcto que corresponde al tendido, en funcc ión de la maniobra de los artefactos.

Los tubos deben descargar sobre dos piezas (traviesas) de madera o en caso necesario sobre dos pequeños camellones de tierra suave, estando sepa rados los apoyos aproximadamente 4 metros para que la campana y la - espiga queden libres de carga, y no apoyen en el terreno.

El responsable del acomodo debe realizar una inspección visual de los tubos desde la descarga a fin de eliminar del acomodo los tubos dudos o dañados durante el transporte.

Transporte de tubería de acero corrugado.

Una de las ventajas de utilizar alcantarillados a base de tubería de - acero corrugado es la economía en el flete. Así pues al comparar tuber ía de acero corrugado de una sola pieza contra tuberías de concreto - resulta la siguiente tabla :

TABLA C.1 COMPARACION DE TUBERIAS EN PESO

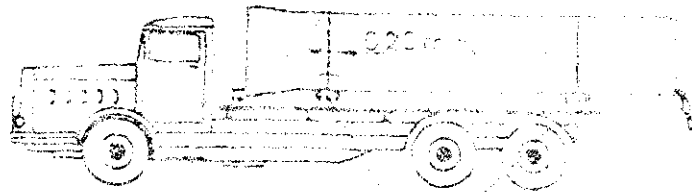
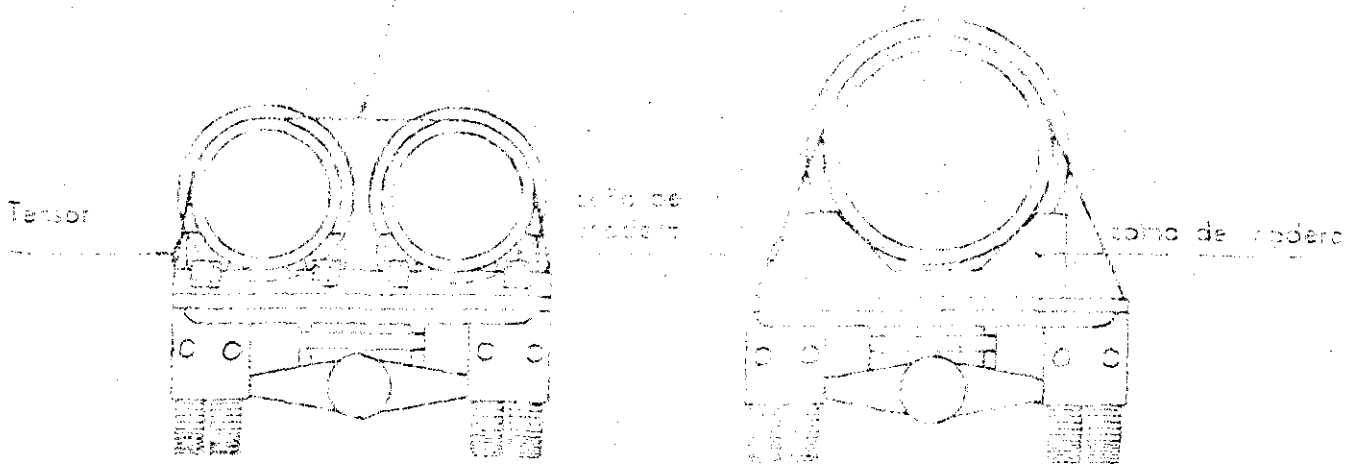
Diámetro del tubo (m.)	Peso de tubería en kg./m.l.		
	Concreto Reforzado	Concreto Presforzado	Acero corrugado C-10
1.52	1,840	1,664	186
2.13	3,932	2,934	258

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

El flete aún se puede economizar mucho más con la tubería de acero corrugado ya sea anidable o seccional porque la tubería se transporta de samada y en paquetes requiriendo así menos espacio de lo que ocuparían ya armadas. Además el acero corrugado puede resistir un cierto maltrato en el transporte; defecto que en la gran mayoría de los casos se puede corregir de una manera sencilla en la obra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Eslingo de cable grueso



Tope axia

Sectores

DESCARGA CON RAMPA

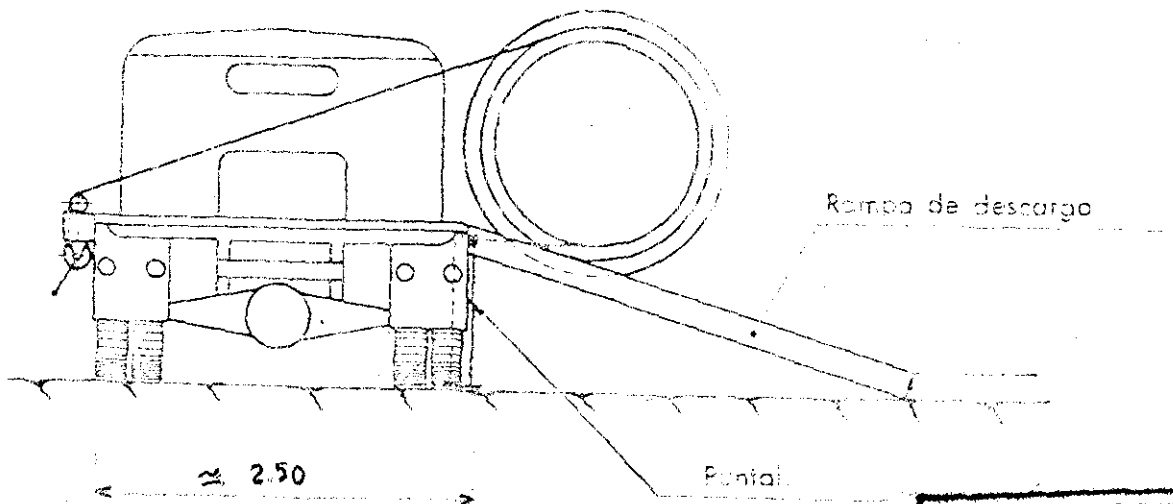
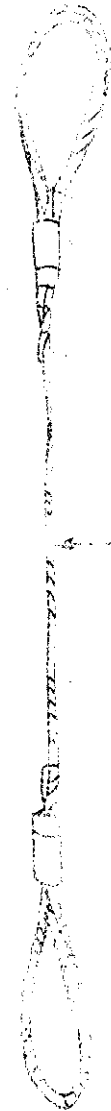
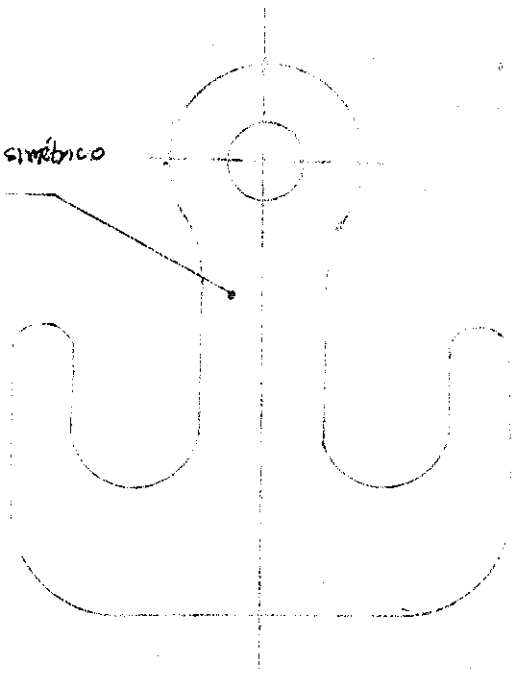


FIG. C. 1

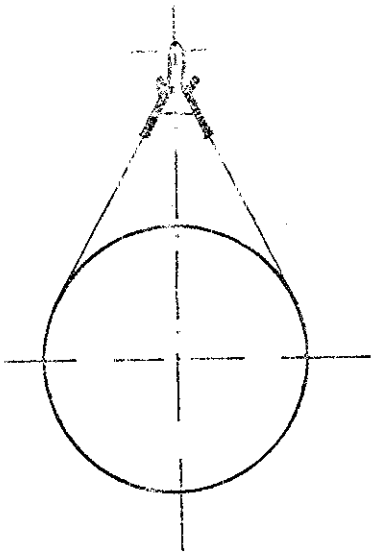
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

rancho doble simétrico



El tipo de rancho

FIGURA C.2 - ADITAMENTOS PARA MANEJO DE TIERRA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

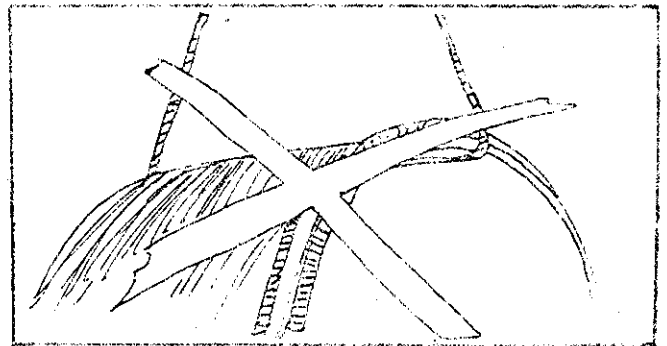


FIGURA C.3 - MANEJO INADECUADO

D. TRABAJOS PREVIOS DE EXCAVACION.

Generalidades.

Proyecto. Los documentos esenciales del proyecto para la puesta en obra del tubo son:

- El trazo en planta
- Perfil de la línea

El perfil de la línea define el trazo en el plano vertical del "hilo de agua", o generatriz inferior del cilindro interior del tubo.

Estacado. Los trazos en planta y perfil deben materializarse sobre el terreno, antes de la colocación por :

- Estacas en los vértices de la poligonal del trazo
- Un estacado paralelo, es decir fuera del eje de la tubería que no sea afectado ni por la terracería excavada ni por la circulación a lo largo de la línea.

Además el jefe de la obra debe disponer de bancos de nivel en los vértices de la poligonal. Las estacas en los vértices de la poligonal deben ser niveladas frecuentemente con precisión para ser utilizadas como referencias. El estacado paralelo al borde de la zanja es, en general, suficiente. En el caso de tendido en terreno muy accidentado con curvas altimétricas próximas (cruce de un barranco) es deseable proceder al estacado al fondo de la zanja.

Plan de Ejecución. El jefe de los trabajos de colocación estará provisto del trazo en planta y del perfil de la conducción, que definan perfectamente, por referencia a los vértices de la poligonal y al estacado paralelo:

- El trazo en la planta con indicación de ángulos y curvas planimétricas

- cas
- El perfil del hilo de agua (o línea roja) con indicación de los niveles a intervalos de 50 metros como máximo y en particular:
 - Los cambios de pendiente
 - Las curvas altimétricas
 - Las clases de tubos
 - Los tubos especiales y las piezas especiales perfectamente señaladas

Organización General de los Trabajos. Debiera ser inútil recordar que el programa del conjunto de los trabajos debe ser previsto para permitir el desarrollo sin interrupción de las tareas de colocación y luego las pruebas de recepción de la línea lo más pronto posible después de su instalación.

Conviene pues, prever cuidadosamente en particular:

- Las voladuras de rocas
- Las obras a construir previamente
- Las cajas de válvulas
- Cruces (corrientes de agua, vías férreas, caminos, etc.)
- Las obras a construir después de la instalación
- Atraques, anclajes...
- Pequeñas cajas de desfogue y ventosas

Terreno - Caminos. La amplitud de la zona de trabajo depende evidentemente de :

- La cantidad de terracerías
- Los métodos adoptados para :
 - . Disposición de productos excavados
 - . Manejo y colocación de los tubos (Fig. D.1)

La figura D.1 permite determinar el ancho de la zona de trabajo de ejecución rápida en campo abierto para los tubos de 210 cm. de diámetro.

Excavación de las Zanjas y Preparación de la Plantilla o Cama de Apoyo.

La excavación y su preparación es de suma importancia, ya que de ella - dependrán las cargas exteriores permanentes a las que quedará sujeto el tubo; por lo que debe excavarse con la mayor precisión en lo que respecta a alineamiento, ancho y pendiente, y darse el acabado final afinado a mano. Cualquier modificación en profundidad, anchura o condiciones de plantilla, sólo podrá hacerse con autorización del Ingeniero o Residente.

Las zanjas deberán conservar la anchura de proyecto, ya que, las cargas permanentes sobre la tubería dependen de tal anchura medida en la parte superior del tubo. El ancho excesivo de la excavación aumenta la carga del relleno sobre el tubo. Por otro lado si su anchura es menor, el relleno no podrá compactarse correctamente a los lados, por lo que de nuevo se traducirá en un efecto similar al anterior.

Normalmente un ancho de zanja igual al diámetro exterior más 60 cms., - será suficiente para satisfacer ambos requerimientos. Así se deduce la siguiente tabla.

Diámetro Nominal m.m.	Diámetro exterior cuerpo del tubo cm.	Ancho Nominal de zanja cm.
1400	163	223
1500	174	234
1600	185	245
1700	196	256
1800	207	267
1900	218	278
2000	229	289
2100	240	300

Por encima del tubo, en ausencia de entibado, que reduciría inevitablemente el ritmo de colocación, el talud de la zanja debe ser el mínimo compatible con la seguridad que ofrezca la resistencia del terreno.

La profundidad de la excavación, deberá ser suficiente para dar el espacio requerido para la plantilla y el colchón, según el diámetro del tubo. La cobertura mínima sobre el tubo se precisa considerando:

- Protección contra el hielo
- Condiciones de cultivo u otras encima de tubería

Se considera generalmente como mínimo una cobertura de 60 cm.

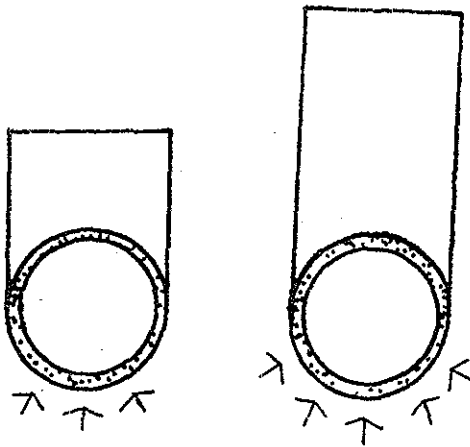
Sobre-excávase el fondo de la zanja, para poder alojar las campanas, para permitir que todos los tubos apoyen toda la longitud del barril en la plantilla.

Por otra parte la sobreprofundidad entre el tubo y el fondo de la zanja es función de:

- Los métodos de excavación
- La naturaleza de la cama, como se verá después

El apoyo uniforme del tubo es muy importante, por consiguiente es necesario eliminar todos los salientes duros, que pudieran concentrar esfuerzos, así como las lentes suaves, que podrían convertirse en depresiones y en hundimientos diferenciales. Inspecciónese el fondo de la excavación, elimínese salientes de piedras; de igual manera extráigase el material flojo, sustituyéndolo por otro de buena calidad, compactándolo en forma correcta.

En casos extremos pudiera ser necesario el profundizar la excavación para extraer el material malo, el que habrá que sustituir por uno bueno - debidamente compactado hasta el nivel de proyecto. En materiales húmedos y finos que se pueden alterar fácilmente, como la arcilla y arenas delgadas; no se compacte el fondo y límitese el tráfico al mínimo. Si es necesario cúbralo con una capa delgada de material granular.



En suelos cohesivos, los trabajos de excavación preceden normalmente a los trabajos de instalación en algunos días; por el contrario en suelos sin cohesión ó con nivel freático alto, la excavación debe preceder inmediatamente a la instalación.

No abrir zanjas más allá de la colocación de tubos. Esto disminuirá el riesgo de derrumbes en las paredes de la zanja, ó de inundaciones durante las lluvias.

La preparación de la plantilla o cama de apoyo, es quizás el punto más importante de la instalación. Las siguientes recomendaciones se aplican a las plantillas de material granular, que es el más comúnmente usado en condiciones normales.

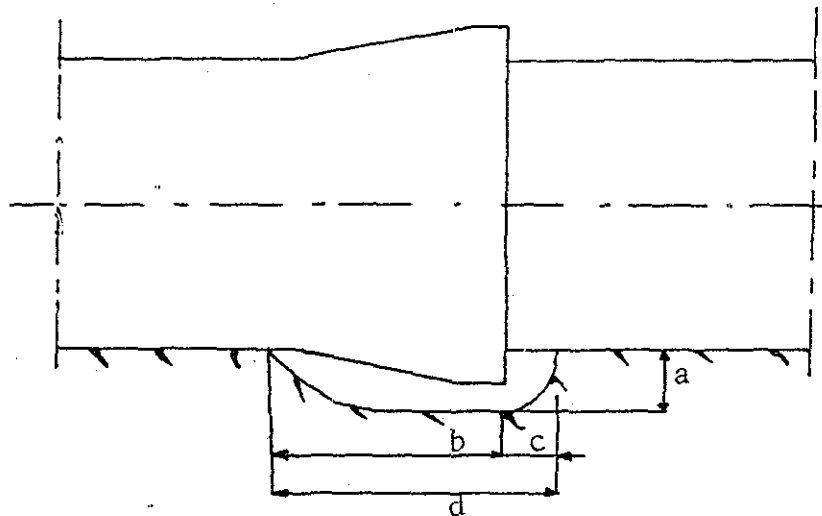
Las gravas utilizadas deberán ser bien graduadas, de tamaño adecuado al diámetro del tubo, y correctamente compactadas.

El exceso de material grueso puede provocar un "encastillamiento" del material, y por consiguiente variaciones en el nivel de la línea y en el grado de compactación. Para tubos hasta de 900 mm. de diámetro nominal, se pueden usar gravas que pasen la malla desde 1/2" hasta 1", pero que sean retenidas en la de 3/16". En tubos de mayor diámetro, el tamaño máximo de la grava podrá ser hasta de 1/40 del diámetro normal del tubo.

El empleo del material producto de la excavación, sólo podrá ser si al practicarle un examen granulométrico, cumple con las condiciones arriba citadas para el tubo de que se trate.

Cuando se utilice material granular para plantilla en un suelo a base de gravas y arenas, es importante verificar que el material de plantilla no tenga una compactación inferior a la del terreno natural en el fondo de la excavación.

El fondo de la zanja lista para la colocación del tubo presentará una superficie plana alineada con la cota del proyecto, únicamente discontinuada para dar lugar a una concha ó pequeña sobre-excavación para poder alojar campanas ó hembras del tubo. (Fig. D.2)



DIAMETRO NOMINAL M.M.	a cm	b cm	c cm	d cm
1200-1300-1400	27	115	20	135
1500-1600	29	120	25	145
1700-1800	31	130	25	155
19000-2000-2100	34	140	30	170

FIG. D.2 EXCAVACION DE CONCHAS PARA ENCHUFE

Definitivamente la excavación y la cama de apoyo dependen del tipo de terreno en que se efectúan y entre la infinidad de casos posibles, mencionaremos cinco casos típicos:

- 1) Terreno homogéneo de buena capacidad de carga (tierra granular no coherente pero firme) ;(Fig. D.3).
 - . La excavación se realiza a profundidad lo más cercana de la cota del fondo de la zanja ($p = 0$)
 - . El fondo de zanja se afina y las conchas o nichos se excavan después de emparejado el piso

- 2) (Fig. D.4) Terreno moderadamente heterogéneo bastante bueno para cargas :
 - . La excavación se realizará con una profundidad extra $p = 10$ -- cms. aproximadamente
 - . La cama de tendido estará constituida por material suelto o -- granular cuidadosamente compactado y emparejado. Este material clasificado procederá de la excavación o de fuente ajena si lo excavado no lo proporciona en cantidad suficiente:
 - a) Si la excavación se realiza mucho antes del tendido y la compactación se produce por aplanadora vibrante con gran avance, el fondo de la zanja se prepara con superficie continua y los nichos se excavan después.
 - b) Si la ejecución del trabajo es inmediatamente antes del tendido, - la base de apoyo del tubo estará constituida por dos banquetas por tubo.

- 3) (Fig. D.5) Terreno rocoso:
 - . La excavación se ejecutará con sobreprofundidad $p = 15$ a 20 cms fuera de nichos.
 - . La cama de apoyo estará constituida por dos banquetas de piedra triturada o grava, con dimensión máxima de 6 cms.

- 4) (Fig. D.6) Terreno poco resistente - Capacidad de carga mediocre:
- La excavación se realizará con una sobreprofundidad $p = 10$ cms aproximadamente
 - La cama de apoyo será formada por dos banquetas de material duro, gravilla y piedra triturada o grava con dimensión máxima de 6 cms., usando granulometría continua de preferencia.

Atención : La arena fina sola es peligrosa y debe proibirse, podría - por asentamiento desaparecer en el terreno blando, dejando - el tubo sin asiento.

- 5) (Fig. D.7) Terreno blando (coherente)

Débil capacidad de carga

- La excavación se ejecuta con una sobreprofundidad $p = 30$ a 50 cms.
- La cama de apoyo estará constituida por material duro en super_ficie continua interrumpida en los nichos o conchas. Para evitar que el terreno blando se remonte, colándose entre los elementos de la cama, el material duro será de granulometría sensiblemente continua hasta la máxima dimensión de 6 cms.

En el caso de terrenos aún más desfavorables que los 5 tipos aquí descritos (terrenos pantanosos, limo o lègamo), es indispensable preveer una verdadera obra para asentar el tubo: cama de piedras de gran espesor, losa de concreto o cimentación sobre pilotes.

Clasificación de tuberías subterráneas. El alojamiento de tuberías -- subterráneas depende del tipo de terreno y las condiciones topográficas dadas según las necesidades del trazo de proyecto, así se da la siguiente clasificación (Fig. D.8).

- 1) Tuberías en trinchera
- 2) Tuberías en terraplén
 - 2.1) con proyección positiva
 - 2.2) con proyección nula

- 2.3) con proyección negativa
- 3) Tuberías en conducciones especiales
 - 3.1) trinchera ancha
 - 3.2) trinchera imperfecta
 - 3.3) túnel

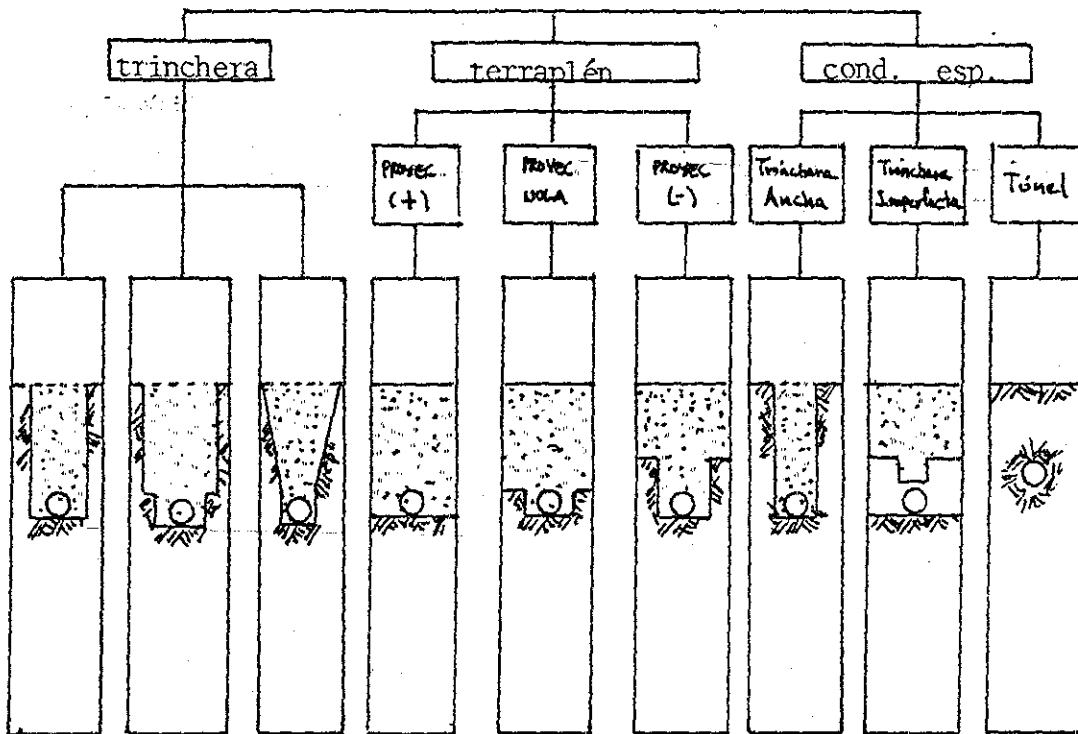


FIG. D.8 CLASIFICACION DE TUBERIAS SUBTERRANEAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Protección contra las aguas.

Flotamiento de tubos. Todas las tuberías vacías flotan en una zanja -- inundada, aún las más pequeñas de diámetro: 750 mm. Además, los tubos a partir del diámetro 1500 mm., aún llenos de agua, pueden llegar a -- flotar en fango o barro fluido.

De ahí la necesidad imperativa de serias medidas de protección contra las aguas, desde la excavación hasta el relleno completo de la zanja.

Aguas superficiales. La zanja abierta debe ser protegida contra la -- inundación de aguas corrientes por todos los medios adecuados :

- Canalización, represado o desvío de los cauces
- Defensas de tierra o cunetas cuando las pendientes transversales son desfavorables
- Tapones no excavados en la zanja

Al terminar el relleno, el exceso del excavado constituye un cordón más o menos continuo en forma de camellón sobre la línea. Es necesario dejar espacios abiertos en este camellón para evitar la acumulación de -- aguas corrientes y la erosión o ablandamiento del relleno.

Aguas subterráneas. En los terrenos acuíferos la zanja no debe excavar se más que con un mínimo de antelación previo a la instalación.

La instalación de tubos, sin exigir una zanja perfectamente seca, nece sita el control de entradas importantes de agua sea por abatimiento de la napa, sea por achique.

Drenaje. Cuando la línea está en pendiente y la zanja, aún rellena, es susceptible de coleccionar aguas superficiales o aguas subterráneas, se -- pueden producir condiciones detrimentales que afecten peligrosamente -- la cama de apoyo y el relleno de acostillado.

Para prevenir tales riesgos es, a veces, necesario realizar un verdadero drenaje del fondo de la zanja (Fig. D.9).

En tal caso los tubos se colocan sobre cama de piedra triturada.

Excavación de trincheras.

La excavación de trincheras es la excavación de ranuras o zanjas en la superficie de la tierra, para la instalación de un conducto u otro elemento de construcción largo y angosto. La instalación que forma parte de esta operación, es importante. Hace pensar en el hecho de que la ranura o trinchera abierta tendrá que ser rellena sobre el conducto -- instalado, tan pronto esté en su lugar. Esta es la característica que hace del corte de trincheras una operación diferente del corte de canales.

Una trinchera puede construirse con lados de gran pendiente, y a menudo, incluso verticales, mientras no se derrumben antes de que se rellene la excavación. El relleno de trincheras, como parte de la operación total, tiene importancia especial cuando se trata de escoger el equipo a usar. Implica que el equipo de excavación a utilizar, debe -- ser capaz de apilar el material excavado a lo largo de la línea de la trinchera. Por lo tanto, el equipo que se use para esta operación debe tener alguna forma de transportador que descargue el material a un lado y un poco alejado del borde de la trinchera, o bien, poder girar cada cucharón cargado, hacia un lado, para apilar el material.

Otra consideración especial para seleccionar equipo para la excavación de trincheras, es la referente al depósito de la carga en los lados de la trinchera y sobre el conducto que ha de instalarse, cuando ésta es motivo de preocupación. El material en el que se ha de excavar la trinchera, debe ser relativamente firme, fuerte y estable. Si los lados -- de la trinchera tienen tendencia a derrumbarse al soportar carga en -- las cercanías de su borde superior, deben planearse el equipo y la operación de manera de evitar que esto ocurra. El equipo de excavación de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

63

trincheras que se utilice, debe estar montado sobre orugas para distri
buir mejor su carga. Puede usarse cintas de orugas muy anchas para re-
ducir aún más la carga por unidad de superficie. Si es grande la proba-
bilidad de derrumbe de los lados verticales de la trinchera, puede evi
tarse mediante maderos transversales a la trinchera, o bien, puede dár
seles una cierta pendiente, a semejanza de lo que se hace en un canal.
Cualquiera de estas dos soluciones tiene sus desventajas. Una trinche-
ra cuyas paredes se han apuntalado con miembros transversales, ofrece
interferencias al equipo y a los hombres que trabajan en la trinchera.
Con ello se pueden reducir la eficiencia y la economía de la operación
pero en cambio, se mejora notablemente la seguridad de la misma, lo --
cual es importante.

Si se da una pendiente a los lados o taludes, para hacer que la trin-
chera se asemeje a un canal, la carga que ha de obrar sobre el conduc-
to instalado será mayor, porque se habrá reducido el puenteo de la car-
ga sobre el tubo. Esto es importante para un conducto tubular abierto.
Las especificaciones de construcción relativas al tubo a instalar en -
una trinchera, tienen generalmente previsiones para asegurar que no ha-
ya una sobrecarga sobre el tubo. Ciertos estudios han demostrado que -
la carga máxima que obra sobre un conducto tubular tiene lugar al ni-
vel de la parte superior del tubo. Por lo tanto, si se mantiene al mí-
nimo la anchura de la trinchera hasta la parte superior del tubo, la --
carga aplicada sobre éste, es razonable. La limitación de la carga - -
aplicada sobre el tubo, también depende del cuidado con el que se depo-
site la tubería en el fondo de la excavación, y de la manera en que se
coloque el relleno superior.

Equipo para excavación de trincheras.

El equipo diseñado para excavación de trincheras es de dos tipos gene-
rales. Uno tiene un accesorio especial que se conoce como retroexcava-
dor o pala de tiro, y se usa en la forma versátil sobre equipo similar
al del tipo de grúa o sobre tractor. El otro tipo es el equipo espe-
cialmente diseñado para la excavación de trincheras, y se conoce como
excavador de trincheras o zanjas, pudiendo ser de ruedas o de cangilo-
nes.

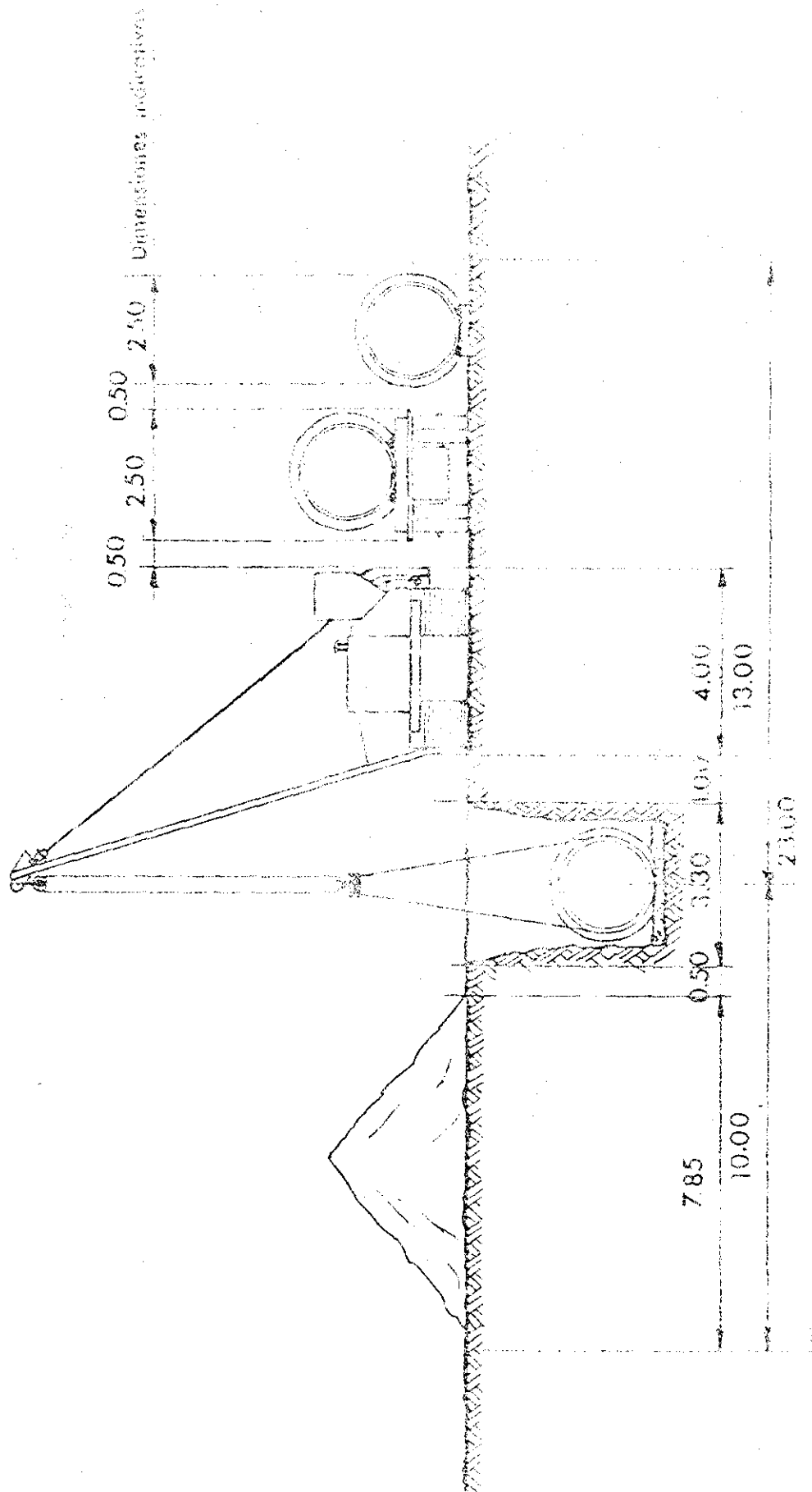
Selección del equipo más adecuado para la excavación de zanjas.

La selección del equipo que se utilice para la excavación de una zanja dependerá de las condiciones de la obra, de la profundidad y del ancho de la zanja, de la clase de suelo, de la cantidad de agua freática presente, del ancho del derecho de vía para disponer de la tierra excavada, y del tipo de maquinaria que ya posea el contratista.

Si se va a excavar una zanja relativamente angosta y de poca profundidad, en un suelo firme, la zanjadora de rueda es tal vez la más adecuada. Sin embargo, si el suelo es rocoso, y requiera dinamitado, el excavador más adecuado es uno tipo pala, o una draga, aun cuando ésta es menos conveniente. Si el suelo está formado por un material saturado e inestable, puede ser necesario utilizar una draga, una retroexcavadora o un cucharón de valvas de almeja, y dejar que las paredes establezcan un talud estable. Si es necesario instalar ataguías para mantener las paredes en su lugar, no podrán usarse satisfactoriamente ni una draga ni un arado. Un cucharón de valvas de almeja, que pueda excavar entre los puntales que sujeten a la atargúa en su lugar, será probablemente el mejor equipo que pueda emplearse en la obra.

FIG. D. I

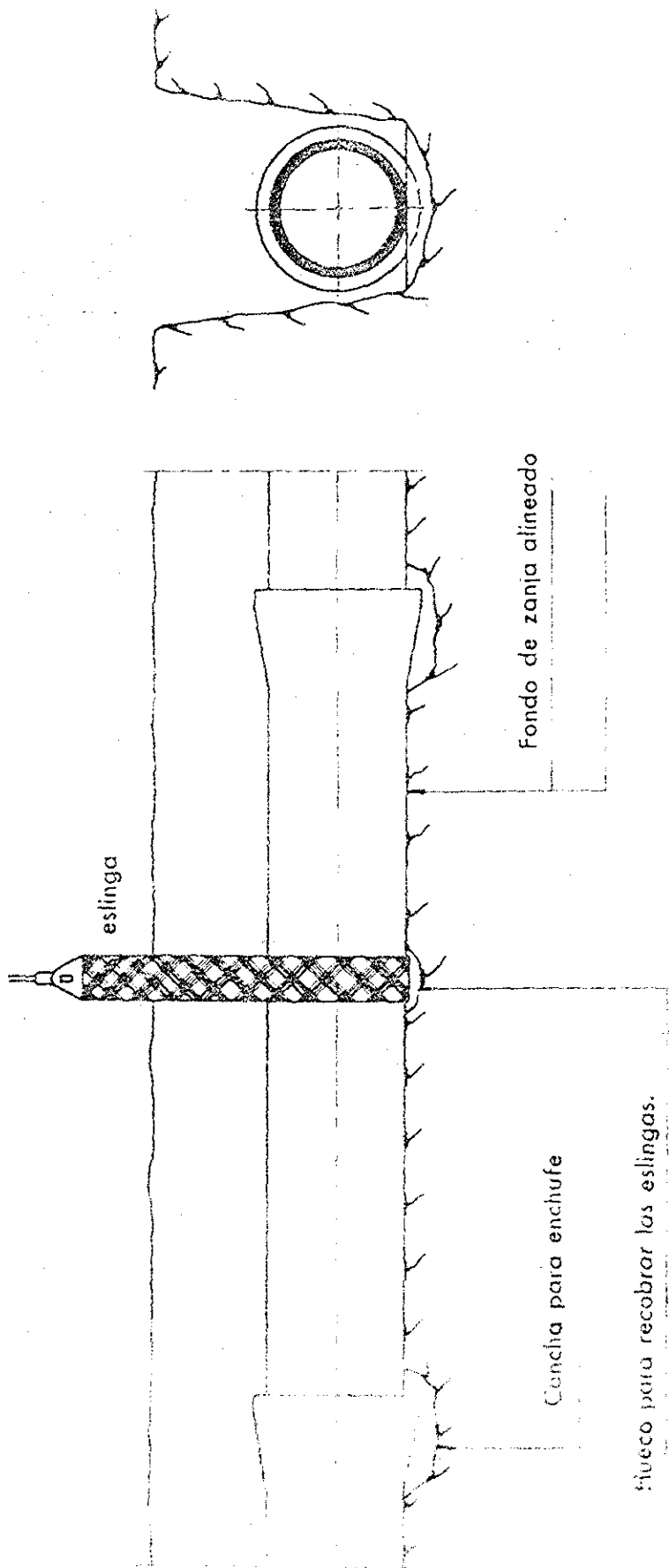
COLOCACION DE TUBOS ϕ 2100



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

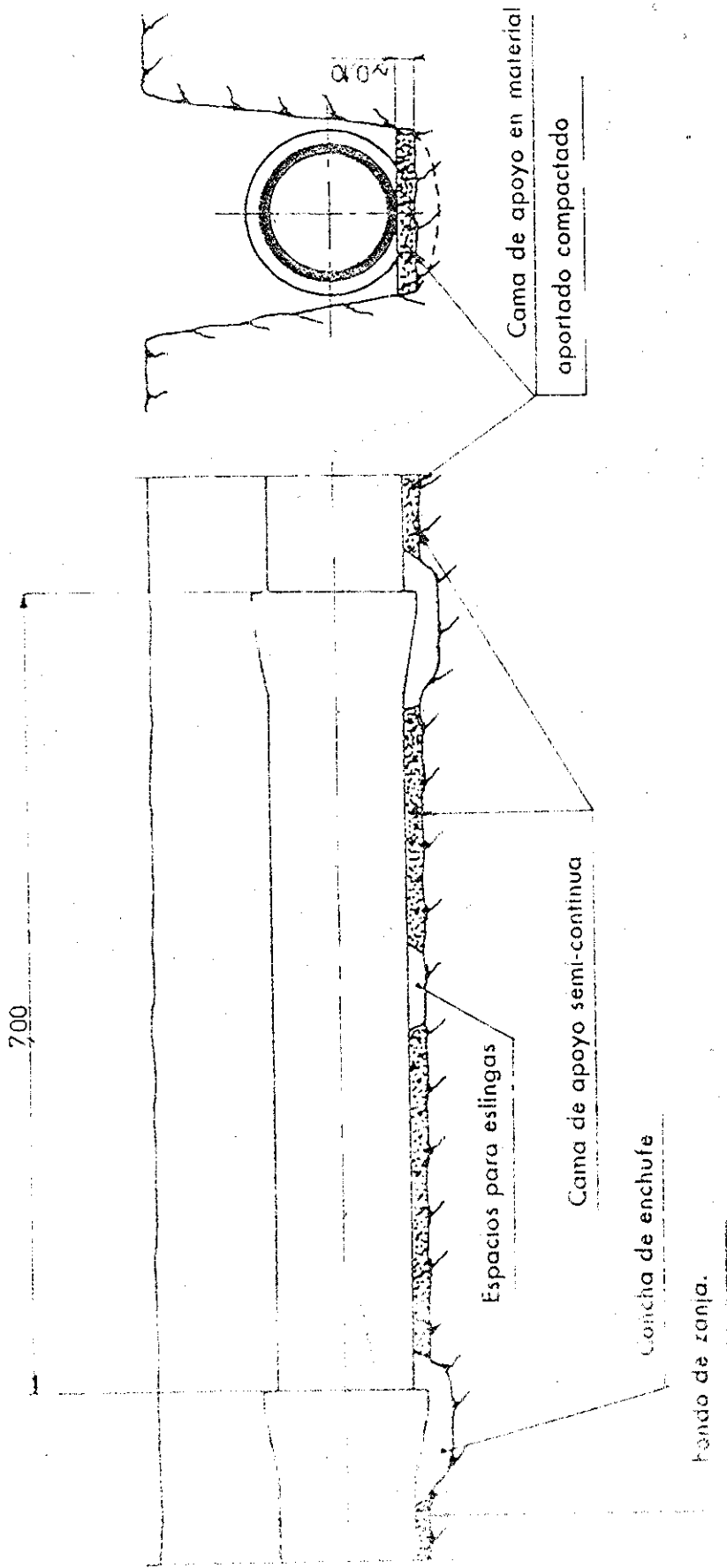
FIG. D. 3

FONDO DE ZANJA EN TERRENO GRANULAR HOMOGENEO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

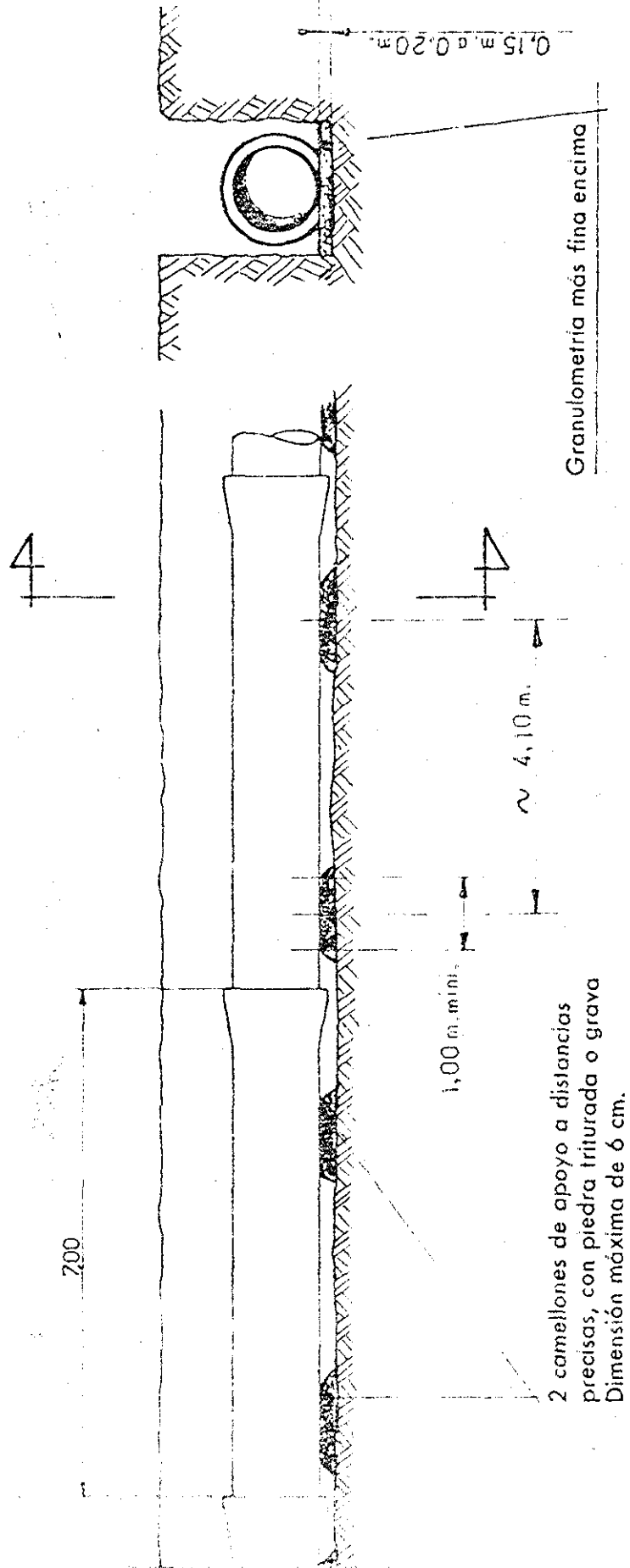
CAMA DE APOYO SOBRE BASE APORTADA.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. D. 5

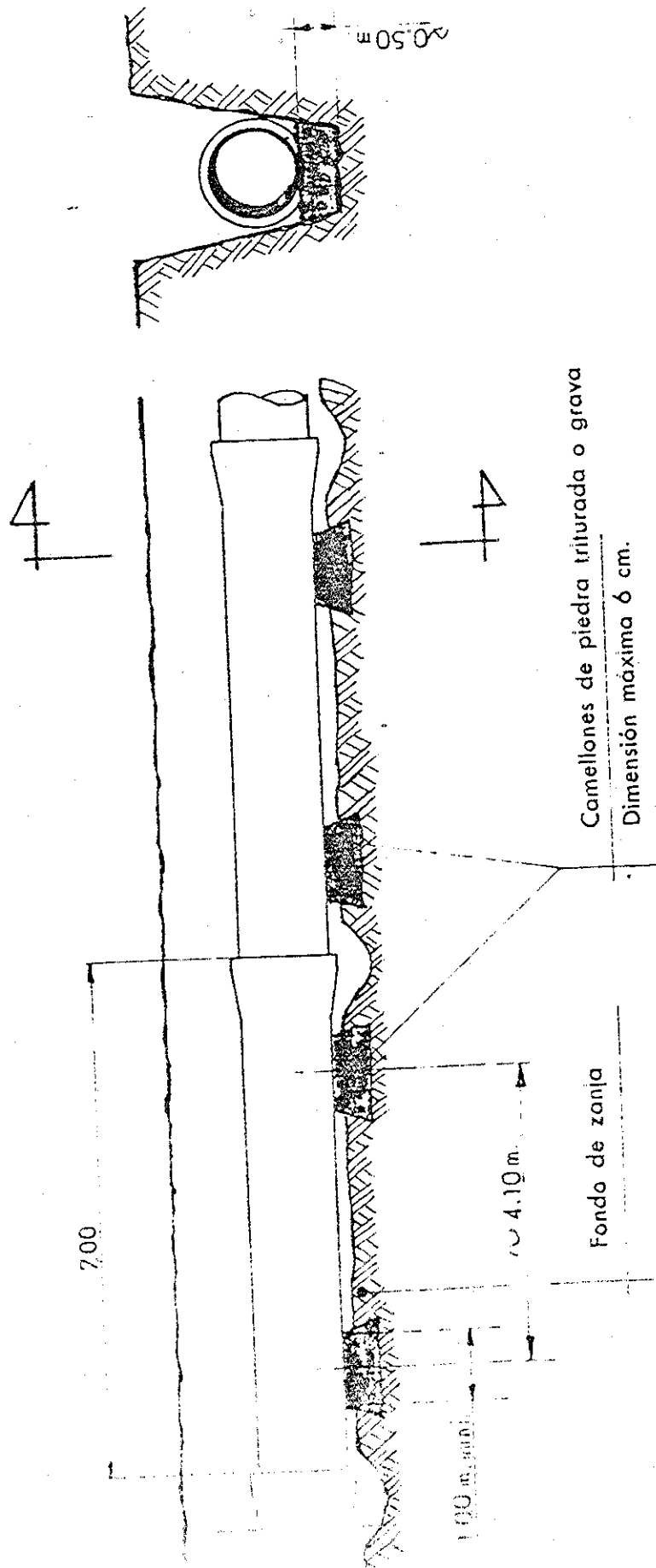
CAMA DE APOYO EN TERRENO ROCOSO.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. D. 6

CAMA DE APOYO EN TERRENO POCO RESISTENTE.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DRENES

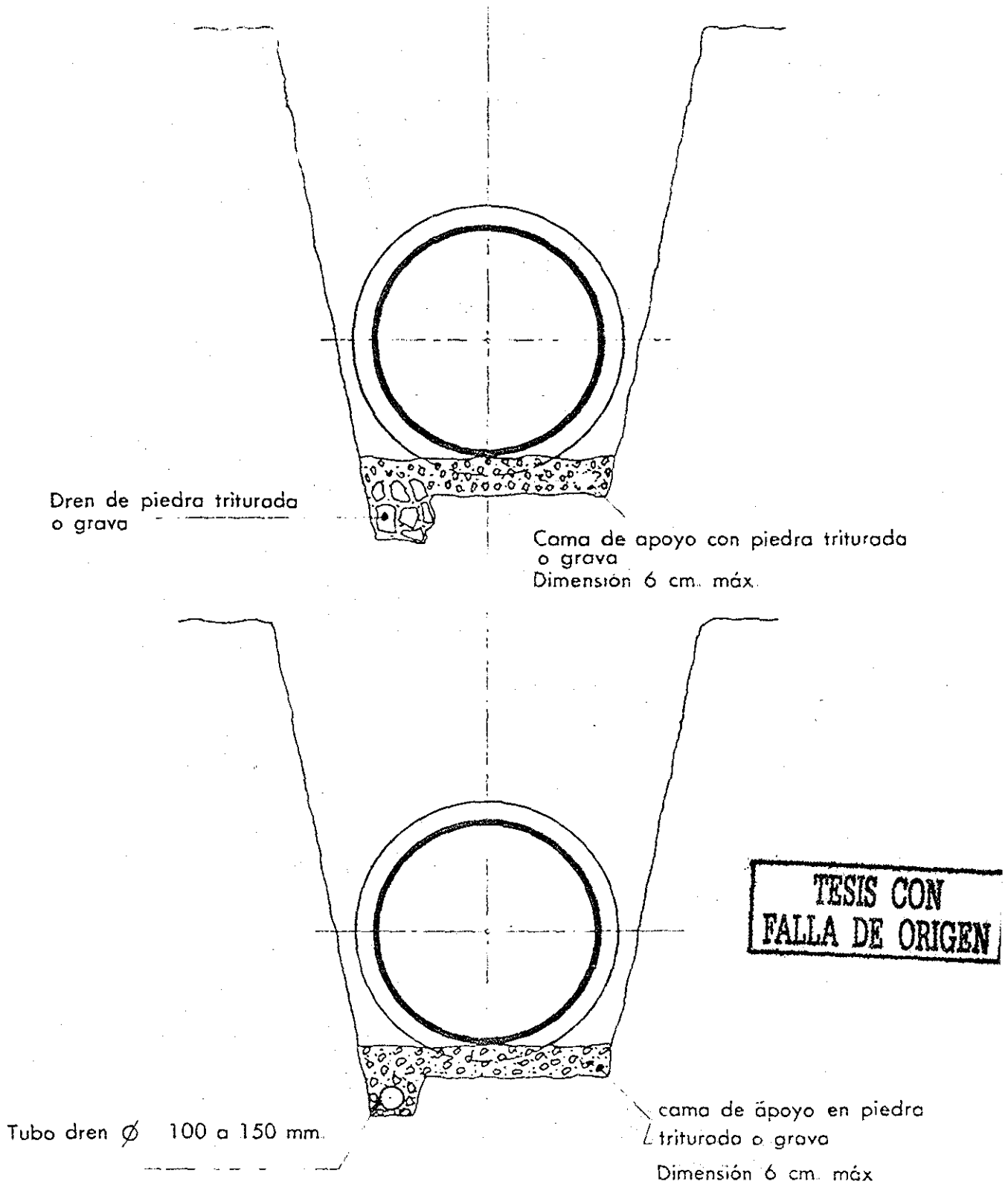


FIG. D. 9

E) PROCEDIMIENTOS PARA MANEJO Y COLOCACION DE TUBERIA.

Cuidados Previos.

Es indispensable que un mismo técnico sea responsable, cuando menos, de las siguientes operaciones :

- Verificación de la cama de apoyo (calidad, nivelación)
- Colocación propiamente dicha incluyendo pruebas de juntas
- Relleno de acostillado

Según la importancia y la organización de los trabajos, esta responsabilidad del jefe de instalación puede abarcar también las siguientes operaciones :

- Confección de la cama de apoyo
- Relleno apisonado y camellones
- Relleno final y prueba de la línea

En todo momento el jefe de instalación debe asegurarse que :

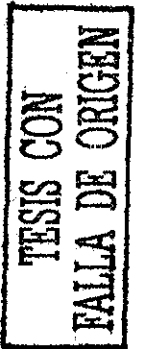
- El estacado esté en su lugar
- El acomodo es correcto y en particular que los tubos sean recibidos en cantidad suficiente y en la clase especificada.

Geometría del trazo.

Inclinación del Perfil. Para la evacuación del aire y el buen funcionamiento de una línea en concreto pretensado, la inclinación, en el sentido de escurrimiento del agua debe ser:

- En descenso, superior a 4°/∞ (4 mm/m)
- En ascenso, superior a 1°/∞ (1 mm/m)

Cuando el perfil se aproxima más a la horizontal, el colocador debe --



acentuar más la calidad del trabajo.

Radio de Curvas. De acuerdo con la calidad del terreno, los desplazamientos deben cuando mucho alcanzar los valores de la siguiente tabla. Esto deja una latitud de movimiento de la conducción en la cual esta flexibilidad es una cualidad esencial:

Diámetro Nominal	Deflexión angular $2/3 \alpha$		Radio m.	Deflexión angular $\alpha/2$		Radio m
	Deflexión minutos	Deflexión lineal mm.		Deflexión minutos	Deflexión lineal mm.	
1400	53	21.9	453	40	16.5	602
1500	50	22.1	482	37	16.6	642
1600	46	21.8	523	35	16.5	688
1700	43	21.5	560	32	16.2	742
1800	40	21.1	602	30	15.9	802
1900	40	22.3	602	30	16.8	802
2000	37	21.7	650	27	15.9	891
2100	33	20.3	729	25	15.4	962

En lo que concierne al radio, es necesario precisar que el valor del mismo se aplica a la curva resultante. Frecuentemente la curvatura resulta de dos curvas :

- Una planimétrica, de radio R_h
- Otra altimétrica de radio R_v

El radio resultante tiene el valor R_r

$$R_r = \frac{R_h \times R_v}{\sqrt{R_h^2 + R_v^2}}$$

Si el proyecto especifica radios de curvatura insuficientes o cambios de pendiente excesivos, el jefe de colocación no debe vacilar en pedir una rectificación del trazo o de las terracerías.

Generalidades.

Generalmente los tubos se bajan a la zanja por medio de grúas, aunque también se puede utilizar tractor con pluma lateral, marco o grúa de pórtico, por medio de un cable acondicionado en la pluma de una retroexcavadora cuando el tubo no es muy grande, o bien por medio de trípode.

El manejo de tubos se asegura con estrobos o eslingas presforzadas de cable ancho, y con un grueso adecuado para el peso de cada tubo, para no maltratar el recubrimiento. Para el buen equilibrio del tubo y facilidad de manejo, el gancho de levantamiento es del tipo simétrico doble (Fig. C.2)

Normalmente los tubos se instalan de tal modo, que la espiga de cada uno de ellos se introduzca en la campana del que se colocó anteriormente, es decir, que las campanas queden colocadas en la dirección en que se hace la instalación; pero el proceso inverso también es posible.

El tubo se baja a la zanja después de:

- Inspeccionar visualmente y comprobar su clase.
- Verificación de la cama de apoyo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El artefacto de colocación - grúa, tractor, etc. - Se aproxima lo más cerca del punto de colocación y lo más próximo al borde de la zanja teniendo en cuenta la naturaleza del terreno. La bajada se hace lentamente para evitar golpes y balanceos del tubo. (Fig. E.1).

Asegúrese de que la ranura de la espiga y la campana, esten libres de lodo o basuras de tal manera que no haya interferencias para el rodado del empaque. Los empaques deberán estar también completamente limpios y ser cuidadosamente inspeccionados, en lo que toque a cortaduras, defectos y tamaño.

Al hacer la unión, manténgase el tubo suspendido ligeramente arriba de

la superficie de la plantilla, de tal manera que todo su peso no cargue sobre el anillo de hule, y que el material granular de la plantilla, se altere lo menos posible.

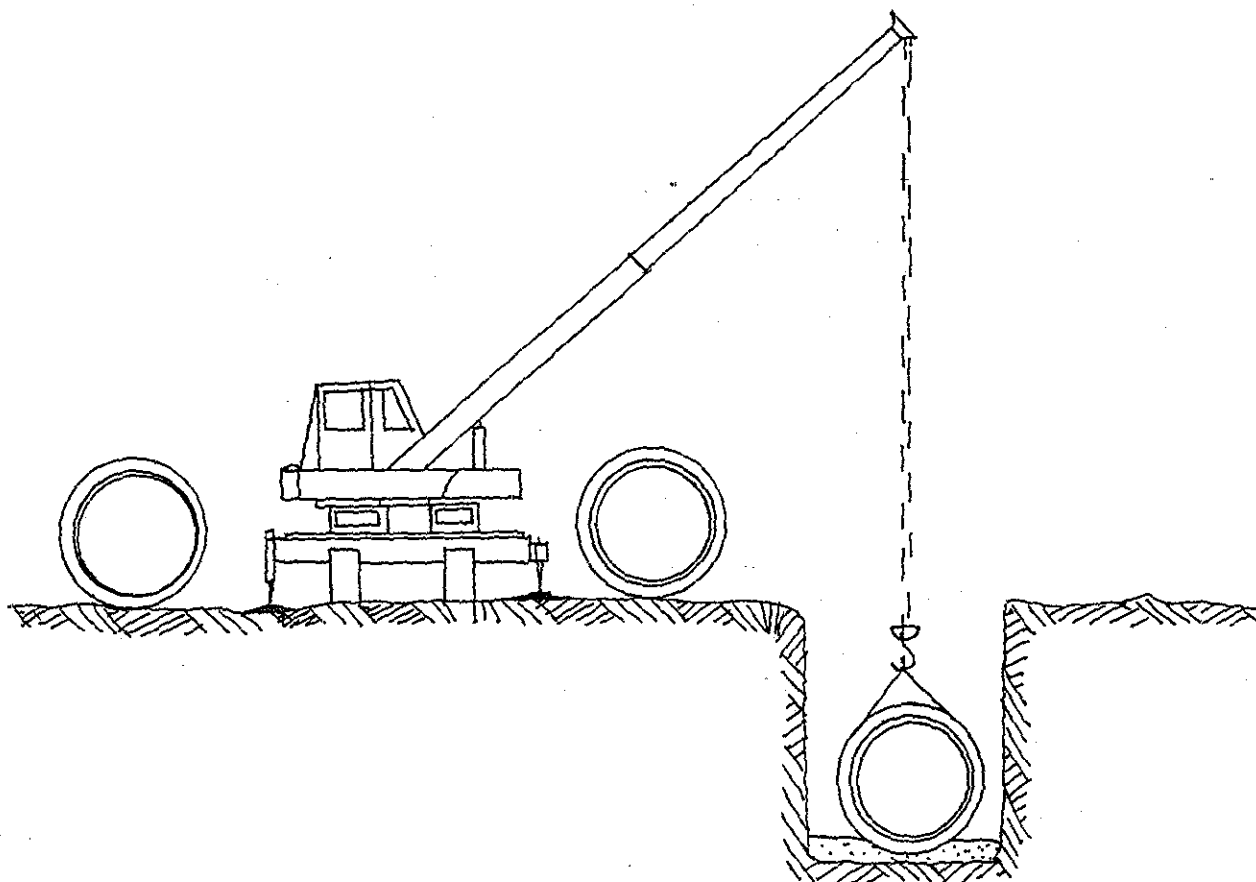


FIG. E.1 COLOCACION DE TUBERIA CON GRUA

Recomendaciones de sistemas de instalación de tuberías.

1) Instalación con Grúa.

Cuando el diámetro del tubo por instalar es grande y se tiene suficiente espacio en el frente de instalación, se recomienda draga ó grúa de arrastre.

Para obtener un mayor rendimiento en la instalación debe tenerse entre la cepa y el tendido de la tubería un acceso por donde transitará la grúa. Este acceso será lo suficientemente ancho para que la grúa pueda maniobrar libremente, así como también debe estar lo más nivelado posible para que la grúa tenga un óptimo rendimiento en dicha instalación. (Fig. E.1)

2) Instalación con Tractor-Pluma.

Este sistema no es comunmente usado en tuberías de concreto de gran diámetro, esto es debido al ancho y profundidad de las zanjas y al corto alcance de la pluma de este equipo.

Es recomendable usar este tipo de grúas laterales en la instalación bajo cables de corriente eléctrica ó de otro tipo, cuando la altura de dichos cables es muy corta y el peso del tubo no permite el uso de otro tipo de equipo.

También es satisfactorio su empleo cuando se tienen que hacer movimientos de tubería no muy alejados ya que pueden transitar con los tubos levantados y sin maltratarlos, además que se prescinde del uso de camiones.

3) Instalación con Retroexcavadora.

Cuando el peso del tubo por instalar no sea demasiado grande, la retroexcavadora es muy eficiente para instalar este tipo de tube-

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ría, ya que por su versatilidad la excavación e instalación se hacen con el mismo equipo.

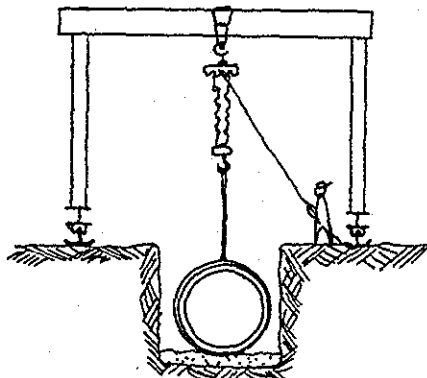
La excavación y la instalación con retroexcavadora se puede hacer combinando los tiempos y los avances dependiendo básicamente del terreno en el cual se está trabajando.

Cuando el material que se excavará es bueno y no existen problemas de inundación en la zanja, es conveniente excavar por adelantado un tramo bastante largo para dar mayor velocidad a la excavación, esto es factible porque al ir haciendo la excavación se puede tender y nivelar la plantilla en el fondo de la zanja.

Cuando el terreno es flojo o con inundaciones en la zona, es de gran conveniencia excavar un tramo de igual longitud a la del tubo siguiente y después de excavado y compactado el piso se proceda a instalar el tubo. Para prevenir (por el exceso de agua) la flotación de los tubos, esta operación debe hacerse con un bombeo regulado.

4) Instalación con marco ó grúa de pórtico.

Este sistema es comunmente usado en zonas donde se tiene poco avance en los frentes de la instalación, ya sea por encontrar material difícil de excavar, nivel freático abundante, falta de espacio para que transite la maquinaria, o por encontrarse en zonas urbanas, si el ancho de las calles por donde pasará la línea de conducción es reducido.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. E.2 COLOCACION DE TUBERIA CON MARCO

Se prefiere este método en las zanjas donde el área de trabajo es reducida, porque la excavación puede llevarse adelante sin causar problemas para la instalación, ya que no es necesario esperar a que se excave la cepa correspondiente a un tubo, para poder instalarlo.

4.1) Equipo para Instalación.

a) Marco de acero con capacidad suficiente para soportar el peso del tubo, dicho marco será calculado para soportar una carga al centro del claro de la viga, que es la que soportará el peso del tubo, debe tener cuando menos una luz de dos veces el ancho de la cepa para asegurar su apoyo. Este será montado sobre cuatro ruedas laterales, dos por cada lado, que correrán paralelas a la cepa, además estará provisto de una garrucha diferencial o carro (que correrá a todo lo largo del marco), que es donde se enganchará el estrobo con el tubo para su posterior instalación.

b) Guías de acero ó maderas para transitar el marco.

c) Guías de acero ó madera para maniobra del tubo.

Dos barretas ó polines

Dos estrobos de acero con ó sin grillete

Una cuadrilla de instalación (el número de personas dependerá del tamaño del tubo).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4.2) Método de Instalación.

Para instalar tubería con marco, es necesario tender la tubería en forma paralela al eje de la línea, así como las campanas de acuerdo al sentido de instalación. Debe quedar entre el corte de la cepa y la tubería suministrada, un espacio suficiente para hacer maniobras con los tubos al acercarlos a -

la cepa.

La instalación se inicia, rodando el tubo sobre las guías hasta el centro de la cepa, dejándolo en forma paralela a la excavación (aquí se coloca el estrobo exterior en posición), y después se corre el marco al centro del tubo, este se engancha colgándolo del marco, se sacan las guías, y se asienta sobre el piso para ponerlo en posición de acoplamiento.

Colocación de tubería de concreto reforzado.

Preparación de la junta. La preparación de la junta implica las siguientes operaciones:

- a) Selección y verificación del anillo
- b) Cuidadosa limpieza del extremo macho
- c) Inserción del anillo en la ranura del extremo macho contra el respaldo de concreto
- d) Lubricación de la parte exterior del anillo
- e) Cuidadosa limpieza del enchufe hembra (campana)
- f) Lubricación del enchufe hembra

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las operaciones b), c), y d) pueden ser efectuadas antes del descenso del tubo a la zanja, en el caso de instalación usual, que consiste en presentar el extremo macho ante el enchufe (campana) del tubo ya colocado.

Lubricación. La lubricación se hace:

- Con jabón vegetal, producto industrial
- Con glicerina grafitada:
 - 1/3 grafito natural, amorfo y puro
 - 2/3 glicerina industrial de 80% glycerol

Enchufe. Descripción del proceso habitual:

- a) Presentación del extremo macho a insertar en el enchufe del último tubo colocado
- b) Grúa o artefacto de colocación en tensión ligera, es decir, que el tubo a colocar es empujado ligeramente hacia el enchufe por efecto pendular
- c) Verificación de la junta con ayuda de una espátula de madera
- d) Acentuación de la tensión de la máquina de colocación
- e) Encaje del anillo de hule en el enchufe
- f) Comprobación de la posición del anillo, por el operario, en el interior del tubo con ayuda de un escantillón (Fig. E.3); el escantillón recorrerá toda la circunferencia de la junta.
- g) Acentuación de la tensión por la máquina de colocación
- h) Puesta en operación del sistema de tracción al mismo tiempo que el tubo recibe en su extremo libre un ligero movimiento de balanceo
- i) Cuando se alcanza el enchufe a tope, la máquina colocadora de ja descansar el tubo sobre la cama de apoyo.
- j) Comprobación de nivelación y alineamiento
- k) Retirada de eslingas
- l) Medición y anotación en el reporte de colocación del espacio interior entre tubos sobre 4 radios a 90° (Fig.E.4)

Todos los útiles que ejerzan esfuerzos sobre el tubo deben ser siempre de madera o revestidos de madera o hule.

Si la unión no fué satisfactoria desconecte los tubos, debe repetirse la operación. El proceso mencionado anteriormente es válido para cualquiera de los sistemas empleados.

Dispositivo de tracción. El dispositivo de tracción normalmente es:

- . Exterior, para tubos 750 y 900
- . Interior, para tubos 1000 y más (Fig. E.5)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En uno y otro caso, la reacción debe ser tomada (aplicada) sobre el tercer tubo hacia atrás del frente de colocación.

Empuje de enchufado. El esfuerzo de tracción puede ser obtenido por diversos artefactos:

- . Gato hidráulico de doble efecto
- . Tensor de cable (Tirfor)
- . Polipasto de palanca (Pull-lift)
- . Poleas de engranes

El dispositivo puede ser de cuerda o cable simple o con aparejo de poleas.

En todos los casos, la capacidad mínima debe estar de acuerdo con la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL	FUERZA EN TONS.
1400	7.00
1500	7.50
1600	8.00
1700	8.50
1800	9.00
1900	9.50
2000	10.00
2100	10.50

Juego entre tubos. Los tubos standard están previstos para un largo útil teórico de 7000 mm. dejando un cierto juego nominal entre tubos.

El colocador no debe tener en cuenta esta holgura nominal teórica sino enchufar la junta a tope con un esfuerzo sensiblemente igual a la fuerza indicada en la tabla precedente.

Una junta está enchufada a tope cuando el tubo recula ligeramente por el efecto elástico del hule cuando cesa el esfuerzo de enchufe y el cable del dispositivo de tracción queda flojo.

El juego entre tubos puede reducirse sin inconveniente a 5 mm. Por el contrario el juego máximo debe dejar el anillo de hule suficientemente protegido en el interior del enchufe (campana). Por tanto la tabla:

DIAMETRO NOMINAL	JUEGO EN MM.		
	MINIMO	NOMINAL	MAXIMO AL INEAMIENTO O MAXIMA DEFLEXION
1400	5	10	30
1500	5	10	33
1600	5	10	33
1700	5	10	35
1800	5	10	35
1900	5	10	38
2000	5	10	38
2100	5	10	38

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El juego "máxima deflexión" de la tabla anterior se refiere evidentemente al lado abierto de una junta deflectada angularmente al máximo permitido.

Cuando el juego alcanza el valor mínimo de 5 mm. antes del enchufe a tope, el tubo en proceso de colocación debe ser retirado, el anillo de hule removido y:

- Ser reemplazado por un anillo super grueso
- Ser vuelto a colocar sobre una liga que cubra el fondo de la ranura del extremo macho

Debe hacerse notar que la liga a igual que el anillo normal debe encajarse en su lugar con un alargamiento de 20% en relación a su estado sin estiramiento en reposo.

Para permitir al jefe colocador un rápido control visual desde el exterior, es deseable que los tubos lleguen de fábrica con una marca sobre el extremo macho indicando la proyección y el alineamiento de la cara exterior de la campana para el juego nominal.

Esta marca puede ser una serie de Tes cuya barra transversal esté a la distancia siguiente de la nariz del extremo macho (Fig.B.5)

DIAMETRO NOMINAL	DISTANCIA CM.
1500	16
1600	16
1700	17.5
1800	17.5
1900	19
2000	19
2100	19

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Protección de las juntas. En las condiciones habituales, el juego entre tubos, de uno y otro lado del anillo de hule permanece estático sin relleno.

Algunos pliegos de especificaciones requieren un relleno de mástic bituminososo.

Las condiciones peculiares de colocación en pendiente conducen a efectuar un retacado interior del espacio entre tubos (Fig. E.6).

El material utilizado generalmente es un cordón de fibra imputrescible:

- : Estopa alquitranada
- : Asbesto

En el caso de líneas de impulsión, sometidas a golpes de ariete que -- provoquen un vacío importante en el interior de los tubos, es deseable

proceder desde la ejecución del enchufe a un calafateo del juego en el enchufe. (Fig. E.6).

Este retaque o calafateo actúa como filtro en relación con los elementos finos del relleno que podrían ser aspirados a causa de un vacío excepcional en la línea y perjudicarían la estanqueidad de la junta.

En forma accesoria, el retaque contribuye al centrado de la junta.

Limpieza de la conducción. En el uso de los trabajos de instalación, toda clase de precauciones deben ser tomadas para evitar la acumulación de cuerpos extraños que ensucien el interior de la línea.

La limpieza debe ser hecha a medida que progresa la instalación.

Al fin de la jornada, la extremidad del último tubo colocado se cerrará con tapa para prevenir la entrada de animales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Colocación de Tubería en condiciones Especiales.

Instalación en pendientes fuertes. La colocación sobre pendiente importante se hace a partir de la parte baja sobre cama de piedra triturada (Fig. E.7).

Los tubos deben ser anclados. La frecuencia del anclaje se da a título indicativo en la siguiente tabla:

Pendiente Terreno (%)	A	B
15-19	1/4	1/3
20-24	1/3	1/2
25-29	1/2	1/1
30	1/1	1/1

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La indicación 1/3 arriba significa 1 tubo anclado cada 3 tubos

A. Designa un terreno rocoso o muy firme sin brotes de agua

B. Designa un terreno suave o coherente (arcilla, magra) o granular y acuífero

Un anclaje comprende dos elementos en concreto:

- El macizo de anclaje propiamente dicho, en la parte alta del tubo
- El calce o zapata de apoyo en la parte baja

Los dos elementos estarán espaciados 4.10 m. aproximadamente entre ejes midiendo a lo largo de la generatriz del tubo.

El espacio entre tubos en pendiente debe rellenarse interiormente con material fibroso, retacado moderadamente para mantener una posibilidad

de compresión (estopa alquitranada, cordón de asbesto). Esta disposición reparte los esfuerzos de empuje y regulariza los eventuales movimientos axiales de las juntas.

Además del anclaje, disposiciones particulares deben permitir la canalización de las aguas superficiales y las aguas subterráneas para prevenir corrimientos del terreno y asegurar la estabilidad de la conducción.

Líneas Aéreas. Los tubos aéreos en líneas sensiblemente horizontales se apoyan en dos puntos sobre soportes de concreto (Fig. E.8).

Uno de los soportes (cunas) asegura el anclaje por contacto directo del concreto contra el revestimiento del tubo.

La otra cuna constituye un apoyo deslizante por interposición de un cuerpo liso y no adherente entre el concreto y el revestimiento del tubo (cartón asfaltado, hoja de plástico).

Cuando el tendido tiene pendiente, conviene anclar cada tubo sobre una de las cunas (Fig. E.9).

Tubos en pasos subterráneos. Las vías férreas y carreteras importantes se cruzan en subterráneo, colocándose el tubo dentro de una verdadera obra de arte, galería o alcantarilla, prevista para canalizar el agua de una fuga o de una eventual rotura.

Para caminos secundarios es suficiente adoptar las disposiciones comúnmente usadas, como son el proteger el tubo mediante una losa superior y un relleno bien compactado.

Tubos sumergidos. Los tubos que atraviesan ríos o cauces deben ser protegidos contra socavones:

Ahogados en concreto cuando el terreno es rocoso o muy firme y estable.

Por ataguías en terreno susceptibles de ligeros movimientos

En caso de ahogamiento en concreto, conviene calafatear (con material fibroso o bituminoso) el juego exterior entre tubos para que cada junta mantenga su articulación.

Debe consignarse que la confección del concreto de envolvente por el procedimiento COLCRETE (inyección de mortero emulsionado aún esqueleto de piedra triturada) permite trabajar bajo agua.

Tubos bloqueados. Un tubo bloqueado en un punto queda parcialmente encastrado y es indispensable que la parte libre descansa sobre un apoyo (cuna de concreto). Este caso puede presentarse para un tubo:

- . Parcialmente inserto en una atraque o anclaje
- . Atravesando un muro de caja de válvulas, registros o desfogues
- . Extremidad de una línea contra un atraque temporal

Pequeñas Obras. En todo lo posible es preciso evitar que las pequeñas obras de concreto constituyan un condicionamiento para la instalación. Es también necesario evitar que las obras carguen sobre la línea.

Juntas Mecánicas. La fijación sin precauciones de una punta mecánica puede acercar los dos elementos que une y provocar el desenchufe de las juntas con anillo de hule adyacentes.

En servicio, una junta mecánica recibe, en general, un empuje hidráulico inferior al empuje sobre la junta de anillo de hule. Un elemento tubular comprendido entre una junta de anillo de hule y una junta mecánica tiene pues una tendencia a despalcarse.

Salvo casos particulares (juntas de dilatación) conviene bloquear las juntas mecánicas, al menos temporalmente.

Colocación de Tubería de Concreto bajo Terraplén (Relleno en proyección negativa).

Límite de las Técnicas tradicionales de colocación.

La elección de la técnica de colocación de una tubería requiere antes de todo la estimación de la carga de relleno y de las cargas rodantes - las más desfavorables.

Si bien el efecto de las cargas rodantes disminuye muy notablemente en función de la profundidad, no es así el efecto del relleno. La carga de relleno es de hecho prácticamente proporcional a su altura para rellenos superiores a 10 metros.

Para cada técnica de colocación y para una clase determinada de resistencia, existe pues un límite en lo que se refiere a la altura de relleno permisible, compatible con los coeficientes de seguridad en vigor. Por lo tanto, algunos casos pueden imponer la adopción de soluciones en las cuales las tuberías prefabricadas de concreto de clase convencional máxima no tienen lugar.

Para una tubería dada, la altura de relleno máxima es tanto más importante que la técnica de colocación ya que permite reducir los momentos de ovalización durante el servicio.

En este sentido, las diferentes técnicas de colocación posibles son las siguientes:

- 1) Colocación sobre suelo o sobre un piso arreglado (ejemplo: suelo-cemento).

Este tipo de colocación disminuye los momentos de ovalización tanto más cuanto el ángulo α es importante. Para una colocación particularmente cuidadosa con un ángulo α igual a 180° , el coeficiente de colocación m que liga la carga equivalente de prueba entre 2



aristas a las cargas ejercidas en operación por el relleno y las cargas vivas es de 2.54. La altura límite de relleno pues corresponde al uso de una tubería de la serie 135A colocadas con un ángulo $\alpha = 180^\circ$. Fig. E.10.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

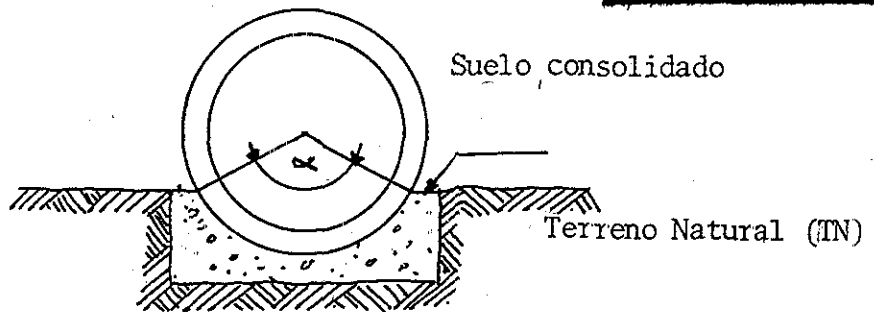


FIG. E.10

- 2) Colocación sobre cama de apoyo, o bajo bóveda de concreto reforzado.

Estos 2 tipos de colocación equivalentes aseguran un empotramiento a los costados del tubo solamente cuando la cama o la bóveda tienen dimensiones y armado suficientes; y, cuando el ángulo efectivo de apoyo es de 180° . Con estas hipótesis, el coeficiente de colocación puede alcanzar teóricamente un valor cerca de 6. Prácticamente se admite, a reserva de pruebas que indiquen lo contrario, un coeficiente máximo de colocación de 4,8 (Valor recomendado por ACPA American Concrete Pipe Association). La altura límite del relleno corresponde pues al uso de una tubería de la serie 135A colocada sobre una cama o bajo una bóveda de armado adecuado, con un ángulo $\alpha = 180^\circ$. Fig. E.11.

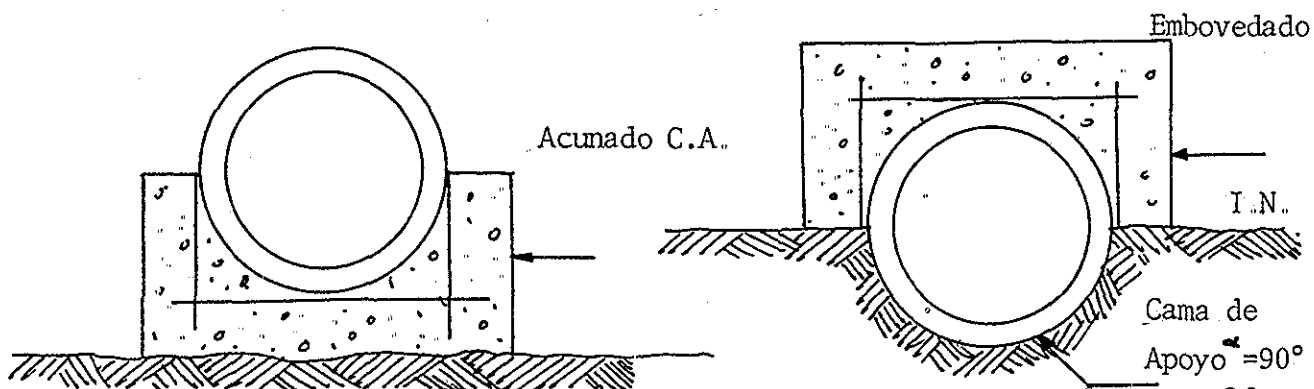


FIG. E.11

3) Colocación de una tubería de clase de resistencia superior a 135A. Esta solución impone un estilo especial y un procedimiento de fabricación específico que no es siempre compatible con las posibilidades de los fabricantes. Sin embargo, siguen en vigor todas las ventajas de una tubería prefabricada y que las 2 técnicas de colocación precedentes son aplicables.

4) Empotramiento completo de la tubería.

Esta técnica conduce en general, sea a volúmenes de concreto sin armado bastante importantes sea a un sistema de armado del empotramiento que se debe estudiar considerando la obra como un marco abierto o cerrado. El interés económico de esta solución reside en la busca de la utilización de tubos de series lo más débiles y eventualmente de concreto barato, en el caso de empotramiento no armado. Esta solución puede revelarse poco práctica si requiere el uso de un encofrado o la realización de un sistema de armaduras complejo. En todos los casos, la espera del curado del concreto impone plazos para el relleno.

5) Realización de una tubería colada en sitio.

Esta solución se puede tomar en consideración sólo para grandes diámetros, para los cuales el costo de transporte y manipulación serían prohibitivos. Esta solución es, en efecto, la menos práctica; la más aleatoria en cuanto a seguridad, y en la mayoría de los casos, la menos económica; pero, permite, sin embargo, satisfacer condiciones límites particularmente en el caso de relleno de altura muy grande.

Las 2 primeras técnicas de colocación que son las más frecuentes permiten solamente la realización de rellenos de altura relativamente limitados. A título de ejemplo, para los 3 diámetros siguientes, las alturas de relleno máximas compatibles con tubería de serie 135A son aproximadamente:

Para alturas de relleno superiores a 6 m. con colocación clásica u para alturas de relleno superiores a 11 m. con colocación sobre cama o bajo bóvedas armadas, las soluciones posibles no se satisfi-

cen con las clases de resistencia normales y se plantea pues subor-
dinación a problemas prácticos y económicos.

Técnica de Colocación	Colocación sobre cama de apoyo ángulo $\alpha = 180^\circ$	Colocación: Acunado o Embovedado con C.A., con ángulo $\alpha = 180^\circ$.
Diámetro en mm.		
ϕ 600	5.5 m	10.5 m
ϕ 1000	6.0 m	11.0 m
ϕ 2000	6.5 m	11.5 m

Método de colocación en depresión.

- 1) Funcionamiento de una tubería colocada bajo relleno en proyección negativa.

Una tubería es considerada bajo relleno en proyección negativa, -- cuando descansa en una excavación poco profunda de tal manera que la generatriz superior esté arriba del nivel del terreno natural y sea recubierta con un relleno en terraplén.

Los dos planos verticales tangentes a la tubería delimitan un prisma interior (1) ubicado arriba de la tubería de ancho D y de altura H y dos prismas exteriores (2) situados en ambos lados. Fig. E.12.

En el caso de una tubería de concreto muy rígida en relación con la mayoría de los rellenos, el relleno de altura $H+qD$ de los prismas exteriores se compacta más que el relleno de altura H del prisma interior, porque el tubo rígido prácticamente no tiene deformaciones.

Esta compactación más fuerte en los prismas exteriores tiene tendencia a arrastrar el prisma interior hacia abajo por medio de los esfuerzos de fricción así generados.

Estos esfuerzos de fricción dirigidos hacia abajo incrementan la carga generada por el peso del prisma interior de ancho D y de altura H . Se entiende pues fácilmente la importancia del compactado del relleno situado a ambos lados de la tubería. Una mala compactación aumenta, en efecto, los asentamientos ulteriores del relleno de ambos lados de la tubería, y por lo tanto de los esfuerzos de fricción dirigidos hacia abajo y por consiguiente la carga transmitida al tubo.

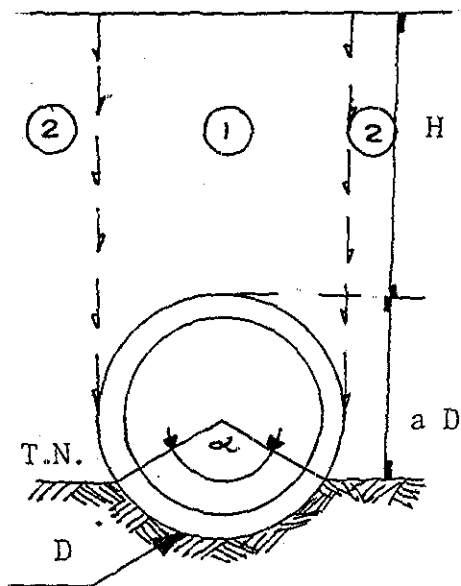


FIG. E.12

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

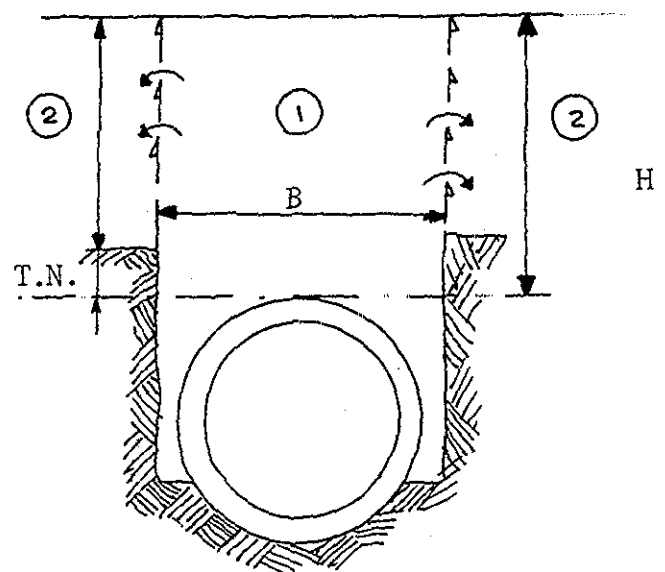


FIG. E. 13

2) Método de colocación en depresión.

La colocación es llamada de depresión cuando la tubería está colocada en una zanja relativamente estrecha y poco profunda, de tal manera que la generatriz superior de la tubería esté bajo el nivel del terreno natural.

En este caso, la altura de relleno del prisma interior (1) (limitado por las paredes de la zanja) es más grande que la altura de relleno de los prismas exteriores (2) ($H > H'$). Fig. E.13.

El asentamiento es pues más importante, en el prisma interior que en los prismas exteriores. Este asentamiento corresponde a un movimiento hacia abajo del conjunto del relleno del prisma interior en relación al prisma exterior. Este movimiento hacia abajo genera a lo largo de los 2 planos tangentes a las paredes, esfuerzos de fricción que se oponen al movimiento y por lo tanto son dirigidos hacia arriba.

En consecuencia, la carga soportada por la tubería es inferior al peso del prisma.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nota. 1

Para una altura de relleno H importante, existe un plano horizontal llamado plano de igual asentamiento, arriba del cual los asentamientos del prisma interior y de los prismas exteriores son iguales. En efecto por la interacción de los esfuerzos de fricción la presión vertical se transmite del prisma interior a los prismas exteriores o viceversa. Esta interacción provoca desplazamientos en cada uno de los prismas y para cierta altura H_e a partir de la generatriz superior, los asentamientos globales del prisma exterior. Es evidente que esta técnica de colocación debe usarse únicamente para alturas de relleno superiores a H_e , si no se obtendrían deflexiones en superficie cuyas consecuencias podrían ser perjudiciales.

Nota 2.

Cuando el tubo está colocado en una zanja estrecha, a una profundidad tal que la generatriz superior de la tubería está al mismo nivel del terreno natural, la carga de relleno es igual al peso del

prisma de relleno situado arriba de la tubería, puesto que no hay ya fuerzas de fricción. En efecto, los asentamientos de los prismas interiores y exteriores son iguales.

3) Método propuesto.

Es obvio que cada vez que sea posible cambiar un caso de colocación bajo relleno de proyección negativa por un caso de colocación en depresión, la disminución de las cargas transmitidas a la tubería será considerable, ya que las cargas pueden ser fácilmente divididas entre 2 o entre 3.

Ahora bien, esta transformación es posible siempre. Las fases esenciales son las siguientes:

- 3.1) Colocar la tubería sobre el terreno natural con el ángulo de apoyo o el tipo de colocación elegida.
- 3.2) Realización de un relleno H, calculado por lo menos igual a una vez y media el diámetro exterior de la tubería y compactación muy enérgica de este relleno sobre un ancho mínimo de 4 m. o ambos lados de la tubería.
- 3.3) ~~Excavación de zanja vertical a la tubería de ancho igual al diámetro exterior de la tubería y de profundidad ligeramente inferior a H, a fin de proteger las campanas de la tubería de la cuchara de la pala mecánica.~~
- 3.4) Llenado de la zanja con un material compresible, tal como: aserrín, turba, desperdicios de lana de vidrio, heno, paja, etc.
- 3.5) Rellenar hasta el nivel final de terraplén según las técnicas habituales.

Este método permite disminuir en todos los casos la carga sobre la tubería y aunque el asentamiento del prisma interior se vuelve superior a los de los prismas exteriores. Hay pues inversión de los

TESIS CON
... DE CUBICEN

esfuerzos de fricción que se vuelven ascendentes y se oponen al movimiento del relleno hacia abajo. El alivio correspondiente de la carga actuando sobre la tubería es máximo si se excava una zanja del ancho mínimo $B = D$, porque de una parte se disminuye el peso del prisma de tierra y de otra parte se aumenta al efecto de los esfuerzos de fricción ascendente. Asimismo, cuanto más se aumenta la profundidad $q'B$, tanto más la transferencia de carga sobre la tubería.

El punto delicado de este método es la compactación de los materiales situados a ambos lados de la tubería que debe llevarse a cabo con mucho cuidado. Una compactación mal hecha reduce el efecto de los asentamientos diferenciales y amenaza pues, con neutralizar parcialmente los esfuerzos de fricción que alivian la carga sobre la tubería. Por otra parte, una compactación satisfactoria asegura la realidad del empuje lateral de las dos tierras y tiende pues a disminuir los momentos de ovalización.

Colocación de Tubería de Acero Corrugado.

La colocación de la tubería de acero se hace con gran facilidad teniendo como consecuencia una gran rapidez en la terminación de las obras y por lo tanto una gran economía.

La economía se logra como se dijo anteriormente en los fletes, así como en la necesidad de un equipo de trabajo mediano para su manejo y al menor volumen de excavación en zanjas.

Las alcantarillas anidables se entregan listas para armarse. Su nombre responde a que se surten en secciones individuales, las cuales son intercambiables; se pueden usar indistintamente como parte inferior ó superior de la estructura. Su forma es semicircular y tienen un borde liso y otro con resaque perfectamente definidos para evitar confusiones en su manejo y facilitar la unión de dichas secciones anidándolas. En el diseño circular por ejemplo el largo de la secciones es múltiplo de 0.815 m.

El armado de la alcantarilla anidable circular se realiza en el mismo sitio en que va a quedar colocada de la siguiente forma:

- 1) El armado se inicia siempre de aguas abajo - aguas arriba. Colocando una corrugación del 1er. fondo debajo de la 1a. corrugación del 2do. fondo y así sucesivamente hasta instalar completamente toda la base.
- 2) La primera tapa se coloca a mediación del 1er. fondo y el 2do. fondo debiendo encajar los resáques o pestañas de las tapas con los del fondo.
- 3) Para un mejor armado se aprietan las secciones por medio de un tensor debiendo ensamblar correctamente el borde con el resque o pestaña.
- 4) Se utiliza un gancho bastón el cual se inserta por la parte interior para diámetros de 0.45 mts. a 0.90 mts.
- 5) Se utiliza un gancho serpiente bastón el cual debe insertarse por la parte exterior apretando la tuerca hasta que ajuste, esto para diámetros de 1.05 mts. a 2.00 mts.

Para el armado de la alcantarilla seccional cada estructura se embarca con instrucciones detalladas; para mayor facilidad dichas instrucciones indican la posición de cada sección y el orden de su colocación. De las secciones de la base es muy importante que los pernos queden bien apretados; esto se logra de modo progresivo y uniforme, partiendo de un extremo de aguas abajo de la estructura a aguas arriba después de que todas las secciones se encuentran en su lugar. Fig. E.16.

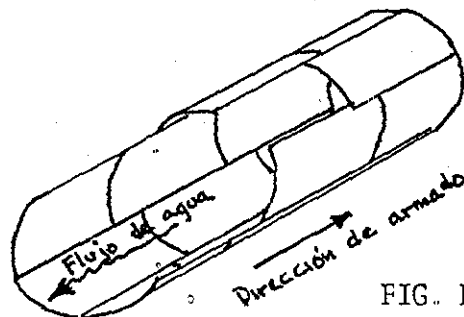


FIG. E.16

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta operación debe repetirse para asegurarse de que ninguna tuerca que de floja.

El montaje de alcantarillas de estructuras constituidas de secciones estructurales puede acelerarse mediante el empleo de llaves de tamaño adecuado barras y ganchos.

Cuando se emplean llaves neumáticas para apretar los pernos, es necesario revisar cuidadosamente si las tuercas quedaron bien apretadas, porque frecuentemente esta clase de llaves se desajustan y las tuercas que dan flojas.

Los tornillos que se utilizan son de (3/4 de diámetros y de 1 1/4" y -- 1 1/2" de longitud).

Las cabezas de los tornillos se colocan en los valles de las placas seccionales ya que estas cuentan con su curvatura que se acopla perfectamente a la corrugación de la placa.

El ajuste de los pernos de las placas laterales y la parte superior es operación que se deja hasta el final cuando todas las placas de la base estén en su lugar.

Para llevar a cabo un buen armado de alcantarillas seccionales se recomienda seguir las indicaciones siguientes:

- 1) Una brigada compuesta por 7 personas se considera como aceptable para llevar a cabo un eficiente armado de alcantarillas seccionales.
- 2) Hacer una distribución de las piezas (hojas) a un lado de donde se colocarán de acuerdo con los planos de armado y en función de los colores que se indican.
- 3) Comprobar con el residente de la obra el lugar exacto y la alineación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ción de la alcantarilla, así mismo la plantilla donde quedará instalada deberá de estar perfectamente compactada.

- 4) Iniciar el armado de las piezas de base en sentido contrario a la corriente del agua (de aguas abajo a aguas arriba).
- 5) Se recomienda hacer el armado de toda la base para que se facilite la colocación de los tornillos y así apretarlos correctamente. Esto se realiza colocando un soporte debajo de las hojas para que una ó dos personas puedan colocar los tornillos en la parte de la base y así ir bajándola hasta terminarla para posteriormente colocar las hojas laterales.
- 6) La colocación de las piezas de la parte de arriba de la alcantarilla puede llevarse acabo con una pequeña grúa de una tonelada ó -- simplemente con la misma gente realizando una sencilla maniobra -- por la parte exterior de la obra. Al hacer los movimientos para su bir una hoja se debe de verificar que sea la indicada y que las -- perforaciones estén en el sentido correcto a como se va llevando -- el armado, ésto con el fin de no realizar doble trabajo, ó sea bajarla corregir su posición y volverla a subir. Una vez que se se-- leccione la hoja basta solo con presentarla calzandola con unos ba rrotes para que permita meter las manos debajo de la hoja y así su birla deslizándola sobre las que ya están colocadas; por la parte interior dos personas la reciben al mismo tiempo que la van guian-- do hasta que coincidan los agujeros donde se pondrán los tornillos con su respectivas tuercas. Se recomienda apretar los tornillos -- una vez que esten todos colocados. Para maniobras interiores se de be contar con un andamio.
- 7) La correcta colocación de los tornillos es muy importante, ya que en cualquier caso la cabeza de los mismos deberá de quedar siempre sobre los valles, mientras que las tuercas respectivas quedarán so bre las crestas; es decir un tornillo irá en sentido mientras que el siguiente estará colocado en forma invertida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

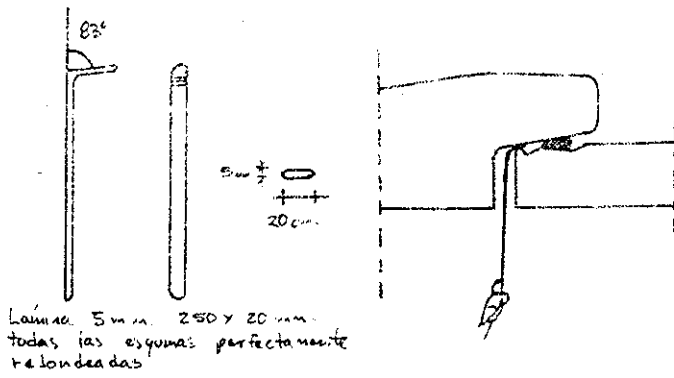


FIGURA E.3: ESCANTILLÓN
PARA VERIFICACIÓN DE JUNTAS

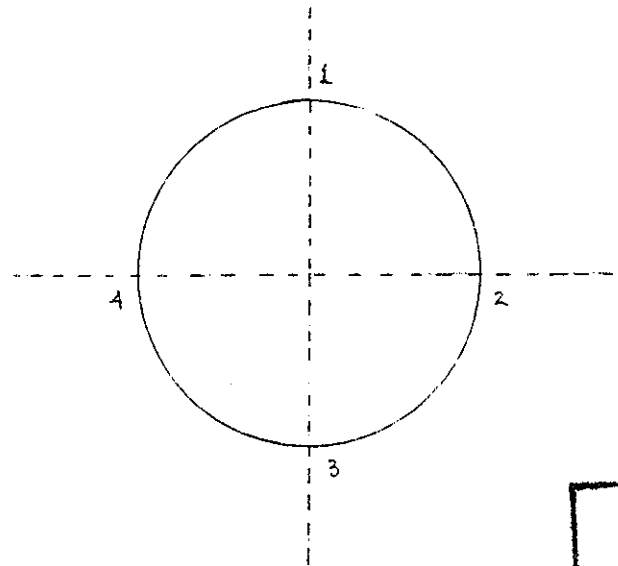
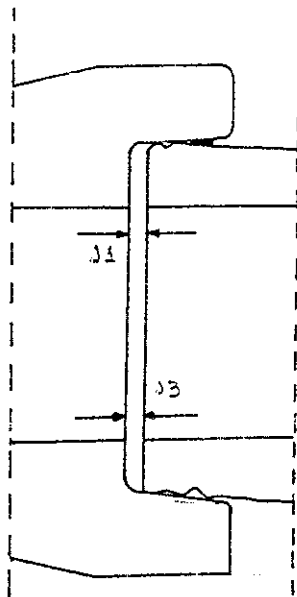
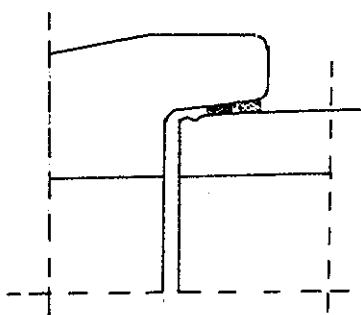


FIGURA E.4: JUEGO ENTRE TUBOS

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



Retacado exterior

Retacado interior

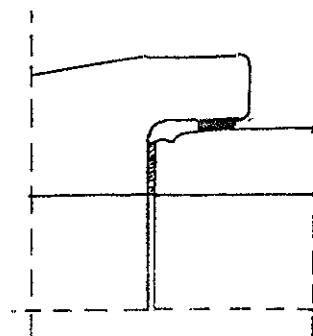
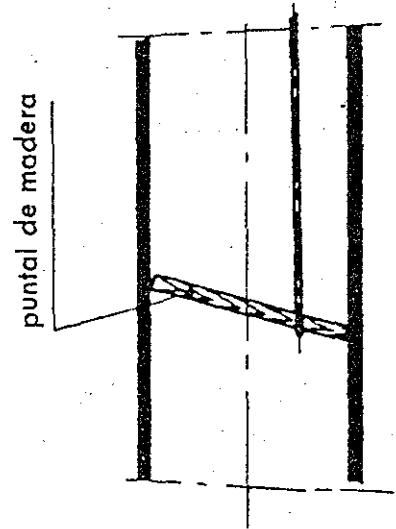
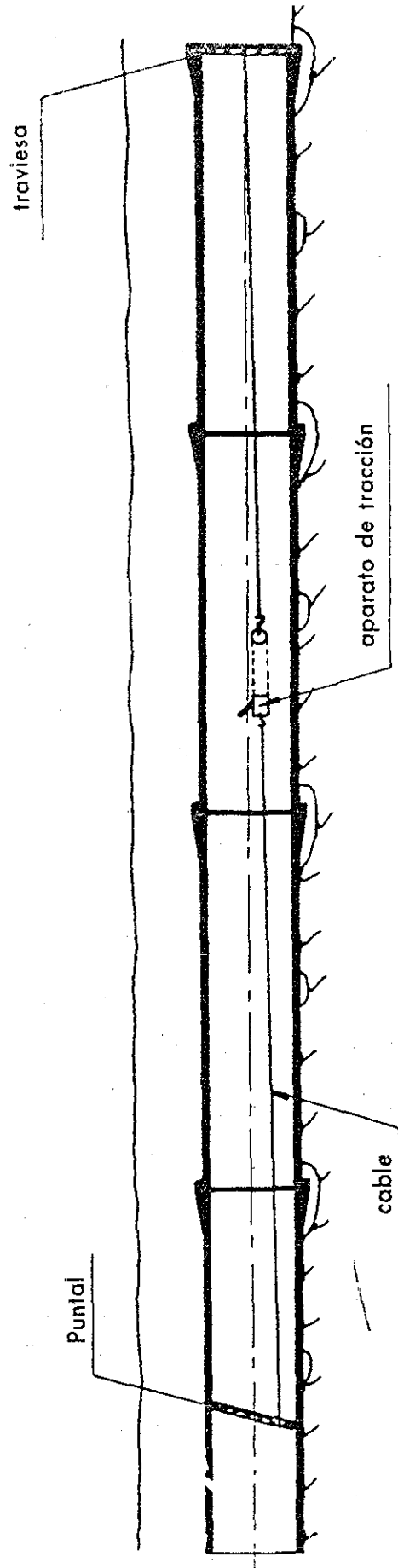


FIGURA E.6: CALAPATEO DE JUNTAS

ENCHUFADO DE TUBOS
DISPOSITIVO DE TRACCION INTERIOR



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

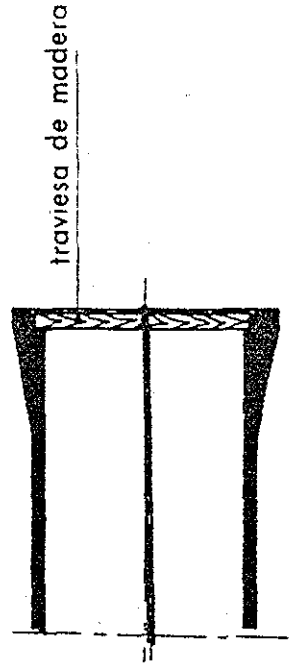
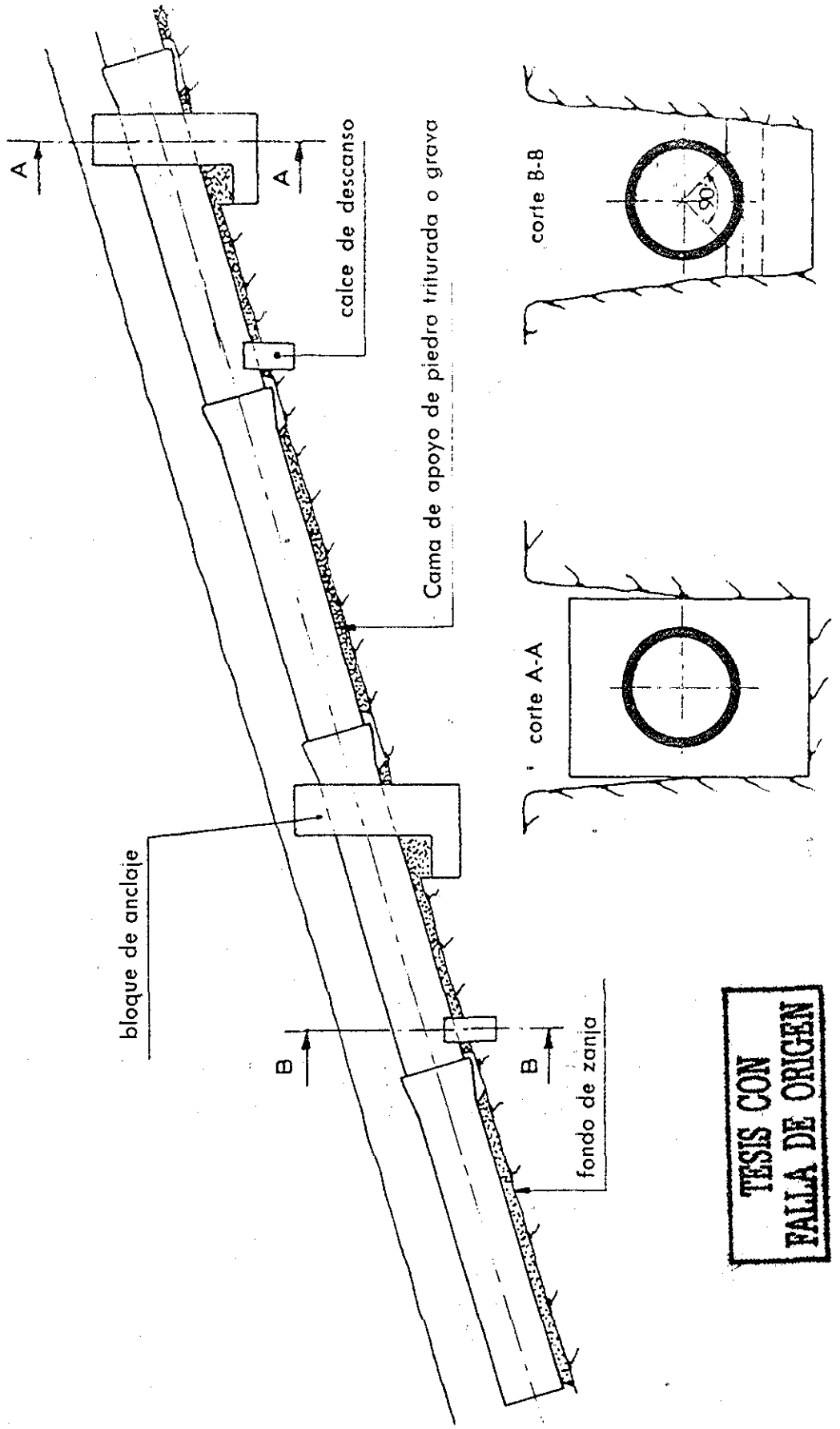


FIG. E. 5

INSTALACION EN PENDIENTE



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. E. 7

TUBOS AEREOS HORIZONIALES

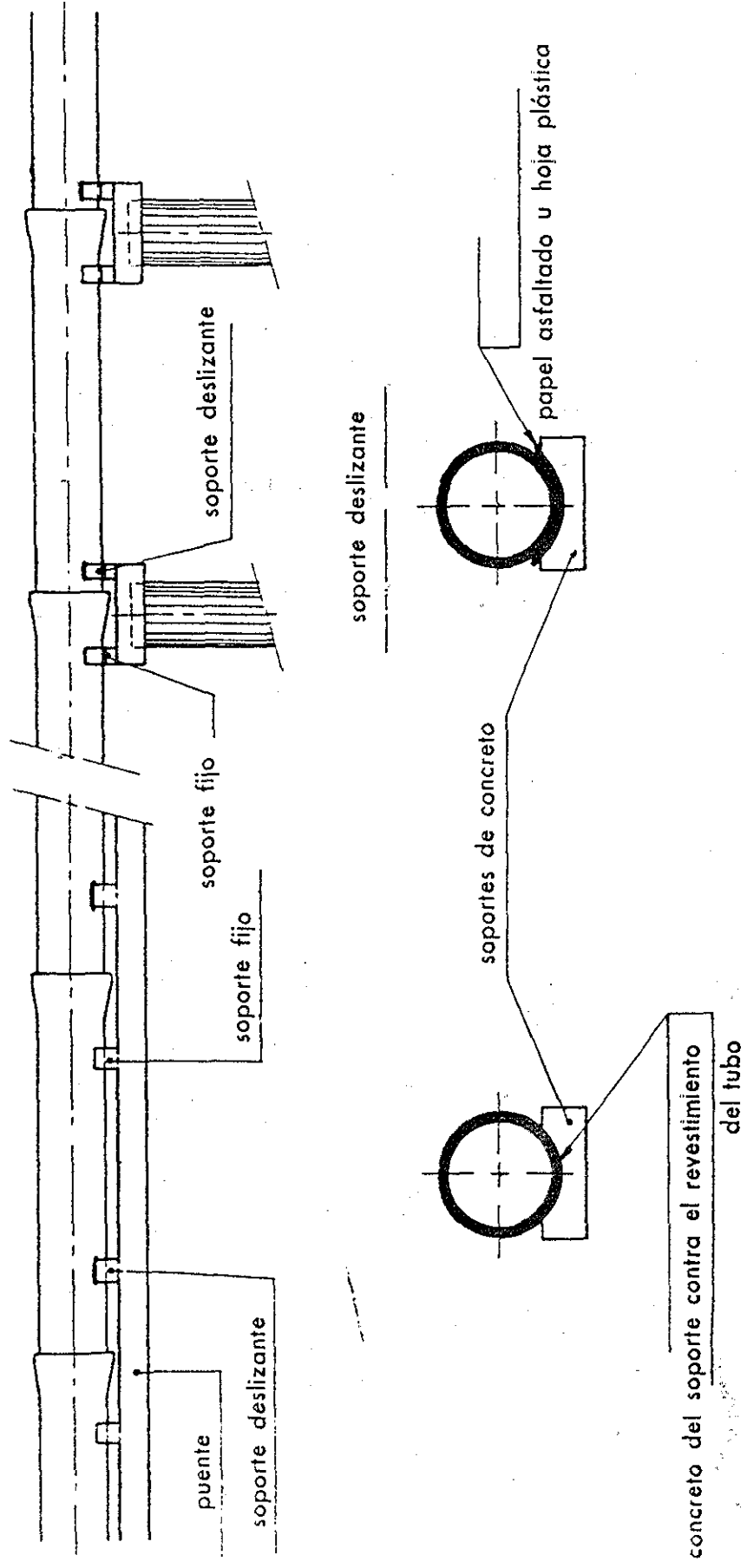


FIG. E. 8

CON
FABRICA DE ORIGEN

TUBOS AEREOS CON INCLINACION

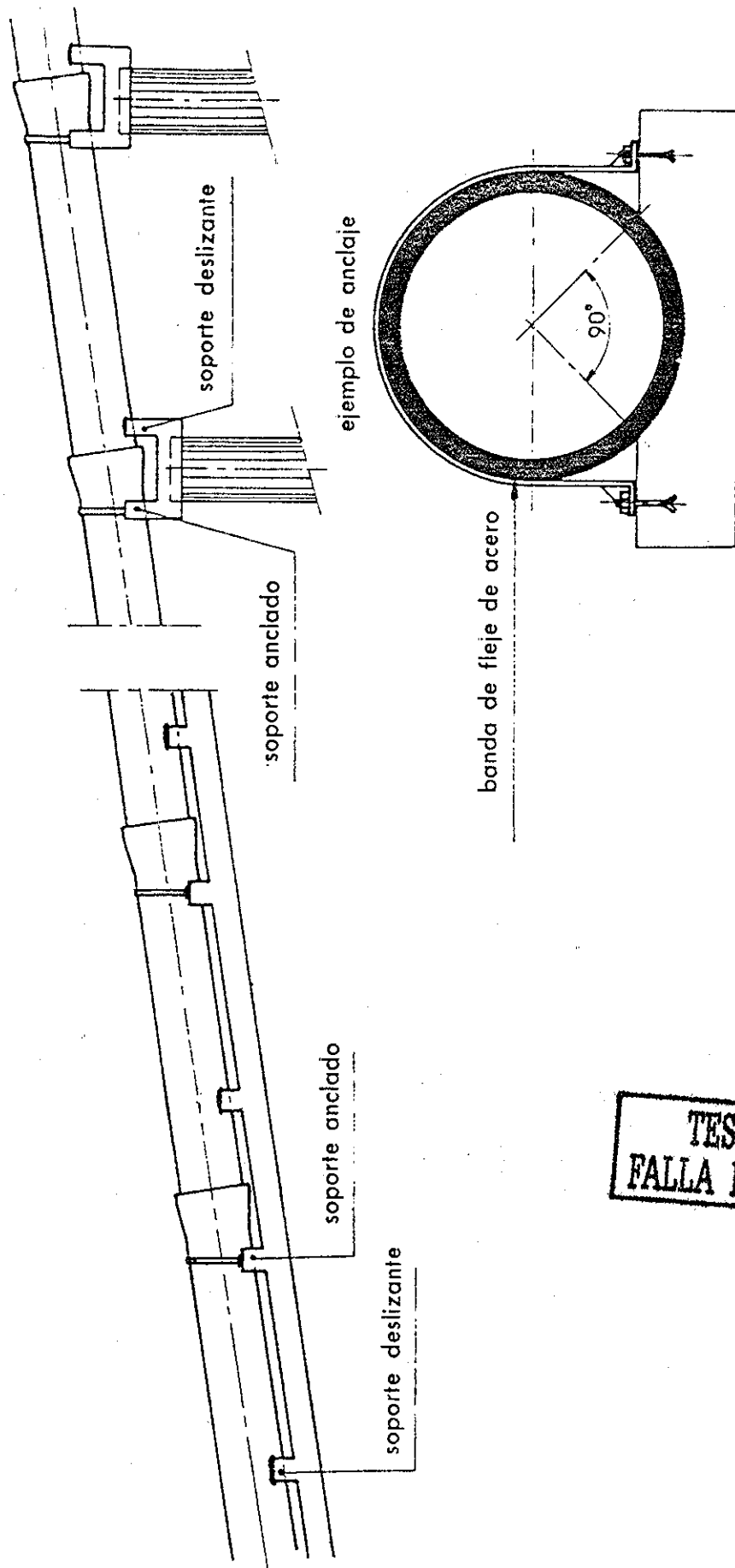


FIG. E.9

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

F) PRUEBAS.

Las pruebas a que se someten los tubos para el control de calidad en su fabricación y para su correcto funcionamiento después de la instalación están reguladas por Organismos Oficiales.

Estas pruebas son exigidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a través de la Dirección General de Normas para garantizar la fabricación de la tubería y el óptimo aprovechamiento de la red al instalarse.

A continuación se presentan las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

NOM-C-116-1978. "TUBOS DE CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión por el método de 3 apoyos".

NOM-C-119-1979. "TUBOS DE CONCRETO. Determinación de la absorción de agua".

NOM-C-149-1978. "TUBOS DE CONCRETO. Determinación de la permeabilidad".

NOM-C-527-1978. "METODO DE PRUEBA HIDROSTATICA PARA TUBOS DE CONCRETO".

En cada una de las normas se especifican aparatos, equipo, procedimiento, etc., es decir una serie de lineamientos a seguir con el fin de obtener en condiciones idénticas un resultado para compararlo con parámetros establecidos de antemano y fijados por los Organismos Oficiales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



(CONCRETE PIPES. - DETERMINATION OF COMPRESSION STRENGTH BY THE TREE EDGE SUPORTT METHOD).

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma establece los métodos para la determinación de la resistencia a la compresión de tubos de concreto, (método de los 3 apoyos), y de corazones obtenidos de las paredes de los tubos.

2 REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las Normas Oficiales Mexicanas en vigor siguientes:

- NOM-C-109 "CABECEO DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO".
- NOM-C-83 "DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.
- NOM-CH-27 "VERIFICACION DE MAQUINAS DE PRUEBAS".

3 METODO DE LOS 3 APOYOS.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3.1 Aparatos y equipo

3.1.1 Máquina o dispositivo manual, en que los movimientos del cabezal de la carga se aplique con una velocidad uniforme de no menos de 7.3 ni más de 36.5 kN/m de tubo por minuto (no menos de 745 kg/m ni más de 3.720 kg/metro lineal de tubo, por minuto). Debe ser rígida, de tal manera que la distribución de la carga no se afecte apreciablemente por la deformación o la cedencia de cualquier parte. La probeta se soporta sobre dos tiras longitudinales paralelas que se extienden en la longitud total del tubo; la carga se aplica a través de una pieza de carga en la parte superior que también se extiende en la longitud total del tubo (véase figuras 1 y 2).

3.1.2 Apoyos inferiores.

Los apoyos, en los cuales se debe soportar la probeta, deben ser dos tiras de madera dura o de hule endurecido, rectas, y deben tener una sección transversal de no menos de 50 mm de ancho y no menos de 25 mm ni más de 40 mm de altura y tener en la parte superior las esquinas interiores redondeadas a un radio de 13 mm. Las tiras de hule endurecido deben tener una dureza Shore A de no menos de 45 ni más de 60; deben tener una sección transversal rectangular que tenga un ancho de no menos de 50 mm y un espesor de no menos de 25 mm ni más de

106

Prohibida su reproducción sin autorización de la Dirección General de Normas

40 mm y tendrán la esquina interior superior redondeada a un radio de 13 mm. Las tiras del apoyo inferior deben estar fijas a una pieza de madera o de acero, o directamente a una base de concreto la cual debe proporcionar suficiente resistencia y rigidez para permitir la aplicación de la carga máxima. La deflexión mayor debe ser de $\frac{1}{720}$ de

la longitud de la probeta. Los lados interiores verticales de las tiras deben ser paralelos y estar separados una distancia de no más de 0.08 mm por milímetro de diámetro de la probeta, pero en ningún caso menos de 25 mm. Las caras de carga de las tiras del apoyo inferior, deben tener una superficie plana que no varíe en más de 0.003 mm por mm en el largo bajo carga.

3.1.3 Soporte superior de carga.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Debe ser una pieza de madera dura con una tira de hule endurecido; la pieza de madera debe ser sana, libre de nudos y recta totalmente, de extremo a extremo. Debe estar fija a una pieza de acero o madera, con dimensiones tales que las deflexiones bajo la carga máxima no sean mayores de $\frac{1}{720}$ de la longitud de la probeta. La cara de carga de bloque

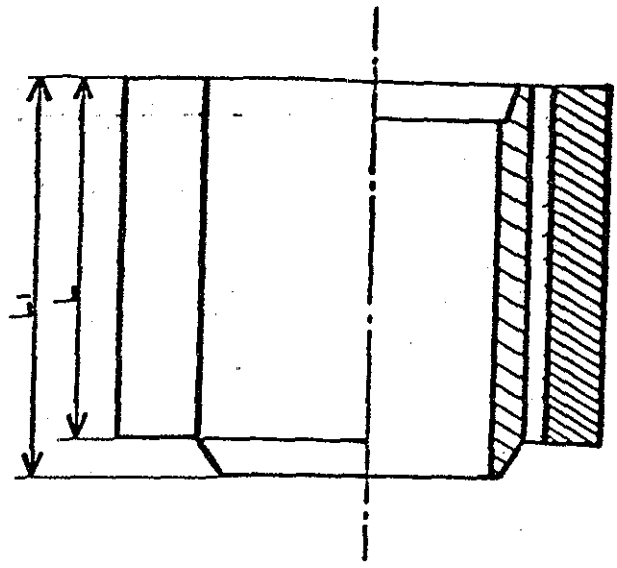
superior de carga no debe tener deformaciones en la línea recta en más de 0.003 mm por milímetro de longitud. Cuando se use una tira de hule duro sobre la cara de carga, éste debe tener una dureza Shore A de no menos de 25 ni más de 40 y debe asegurarse a la pieza de madera en forma tal, que se cumplan los requisitos anteriores. Por acuerdo mutuo entre el fabricante y el comprador antes de la prueba puede colocarse un "cabeceo" de emplasto de yeso que no exceda de 25 mm de espesor, sobre la superficie de los soportes superior e inferior, su ancho no debe ser mayor de 0.08 mm por mm de diámetro de la probeta, pero en ningún caso menos de 25 mm.

3.2 Equipo

Debe diseñarse de manera que la carga se distribuya con relación al centro de la longitud completa del tubo (figuras 1 y 2). A opción del fabricante, el centro de la carga puede aplicarse en cualquier punto de la longitud completa del tubo. La carga puede aplicarse ya sea en un punto sólo o en puntos múltiples, dependiendo de la longitud del tubo y de la rigidez del marco de prueba. Los puntos múltiples de aplicación de carga superior permiten el uso de tiras delgadas sin deflexión.

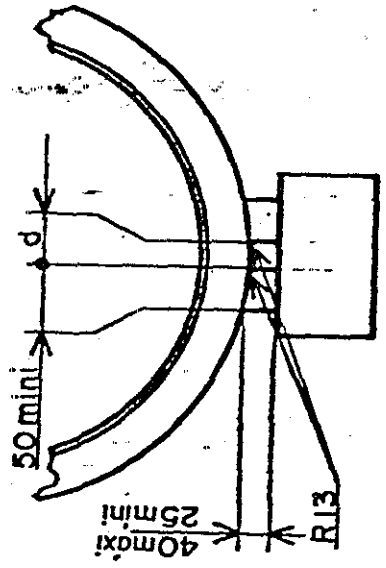
3.3 Calibración.

El dispositivo de carga debe tener una exactitud de $\pm 2\%$ de las cargas de prueba especificadas. Se puede usar una gráfica de calibración. Las

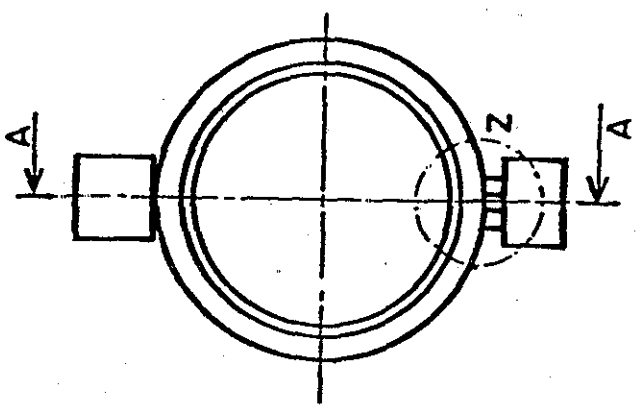


MEDIO CORTE A-A

d = No más de 008 mm por mm de ϕ de la probeta y nunca menor de 25 mm.



DETALLE "Z"



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

108

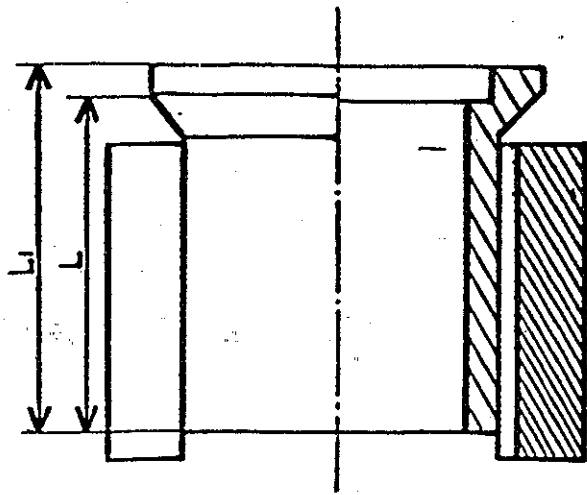
NOM-C-116



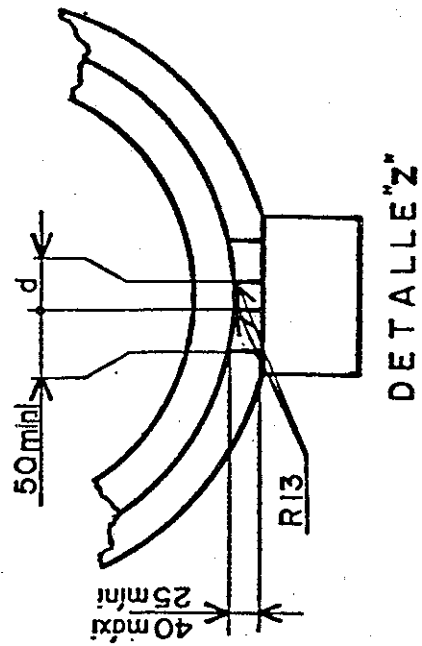
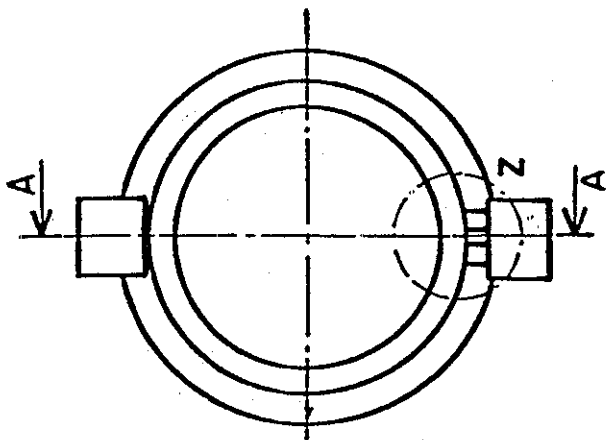
POSICION DE LA PROBETA DURANTE LA PRUEBA

Esc : No

Acot : mm



MEDIO CORTE AA



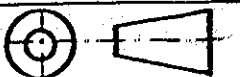
DETALLE "Z"

d = No más de 0,08 mm por mm de ϕ de la probeta y nunca menor de 25 mm.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

109

NOM-C-116



POSICION DE LA PROBETA DURANTE LA PRUEBA

Esc: No

Acot. mm

Dibuló:

máquinas usadas para efectuar la prueba de carga con tres apoyos, deben verificarse de acuerdo con el método que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-CH-27 en vigor, "Verificación de Máquinas de Prueba".

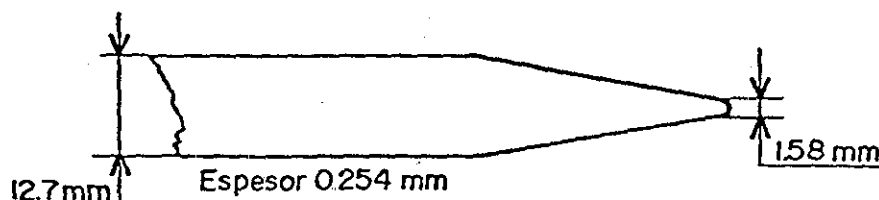
4 PROCEDIMIENTO

4.1 Se coloca la probeta sobre las dos tiras de apoyo inferiores, en tal forma que el tubo descansa firme y uniformemente en la mayor parte del apoyo de cada tira, en la longitud total de la pared de la probeta.

4.2 Se marcan, los dos extremos de la probeta, en un punto a la mitad entre las tiras de apoyo y el punto diametralmente opuesto en cada extremo.

4.3 Se coloca la pieza de carga superior de manera que su contacto con los dos extremos de la probeta coincida con las marcas. -- Después de colocar la probeta en la máquina sobre las tiras inferiores se alinea el apoyo superior simétricamente en la máquina de prueba. Se aplica la carga a la velocidad indicada en el inciso 3.1.1. hasta que aparezcan grietas de 0.25 mm de ancho o una carga de resistencia máxima según se especifique, si se alcanza. La velocidad de carga especificada no es necesario que se mantenga después que se ha alcanzado la carga correspondiente a la aparición de la grieta de 0.25 mm.

4.4 La carga correspondiente a las grietas de 0.25 mm es la máxima carga aplicada al tubo antes de que tenga una grieta con un ancho de 0.25 mm medida a intervalos fijos y que ocurre en un tramo de 300 mm o más. Se considera la grieta de 0.25 mm de ancho cuando en el punto de medida penetra un calibrador sin forzarlo de 1.6 mm de grueso a intervalos fijos en una distancia específica de 300 mm. Se mide el ancho de la grieta por medio de un calibrador con hoja de acero de 0.25 mm de espesor, apoyando en puntos de 1.6 mm de ancho con esquinas rígidas y con un desván de 0.25 mm por mm, como se muestra en la figura siguiente. La carga máxima se alcanza cuando el tubo no soporta ningún incremento de carga.



CALIBRADOR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

110

5 CALCULOS

La resistencia de ruptura en kg/m o en kN/m debe calcularse midiendo la carga total sobre la probeta entre la longitud L como se muestra en las figuras 1 y 2. Para tubos machihembrados en la longitud L debe incluirse ya sea la longitud del macho o de la hembra, la que sea mayor. Cuando la pieza superior de carga no esté soportada en la máquina se debe sumar el peso de la pieza de carga superior a la carga indicada por la máquina de prueba.

6 PRUEBA DE RESISTENCIA DE CORAZONES

La resistencia a la compresión en el concreto del tubo se determina en corazones extraídos del mismo.

7 APARATOS Y EQUIPOS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.1 Perforador de corazones de municiones o de diamante, para obtener las probetas cilíndricas en la pared del tubo.

7.2 Máquina para la prueba de compresión.

Es la misma que se requiere en el inciso 3.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-C-83 en vigor, "Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto".

8 PREPARACION DE LAS PROBETAS

8.1 El corazón para la determinación de la resistencia a la compresión debe tener un diámetro mínimo de tres veces el tamaño máximo del agregado grueso que se usó en el concreto. Al cortar los corazones de la pared del tubo, se debe tener en cuenta que la relación de la longitud al diámetro debe estar comprendida entre 1 y 2. Las superficies curvas de las cabezas del corazón se deben desbastar para obtener superficies planas, paralelas y normales al eje del cilindro.

8.2 Condiciones de humedad.

A menos que se indique otra cosa, los corazones deberán sumergirse en agua saturada de cal durante 40 horas y a la temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Se deben cubrir con un paño húmedo entre sacarlas de la solución saturada de cal y hacer la determinación de la resistencia.

9 PROCEDIMIENTOS.

9.1 Preparación de extremos y cabeceo.

Los corazones para probarse a la compresión deben tener los extre -

mos lisos y perpendiculares al eje y del mismo diámetro que el cuerpo de la probeta. Antes de efectuar la prueba de compresión, se cabecean los extremos de la probeta, con el objeto de cumplir con los requisitos de la Norma Oficial Mexicana NOM-C-109 en vigor, "CABECEO DE ESPÉCIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO".

9.2 Determinación de las dimensiones.

Antes de la prueba, se miden la longitud y el diámetro del espécimen -cabeceado, efectuando dos determinaciones a ángulos rectos, cerca del centro de la longitud, y se promedian los resultados.

9.3 Los corazones se prueban como se indica en la Norma Oficial Mexicana NOM-C-83 en vigor, "DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO".

10 CÁLCULOS E INFORME.

10.1 Se calcula la resistencia a la compresión de cada espécimen en kg/cm^2 o bien en kN/m^2 , con base al diámetro promedio del espécimen. Si la relación de la longitud al diámetro es menor de 2, la resistencia a la compresión resultante se multiplica por el factor correspondiente a la relación de longitud a diámetro que aparece en la tabla No. 1. Para los valores intermedios que no aparecen en la tabla se pueden calcular los factores por interpolación.

T A B L A No. 1

Relación longitud del cilindro al diámetro (L/d.)	Factor de corrección de resistencia
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.94
1.10	0.90
1.00	0.85

11. APENDICE

Las Normas NOM que se mencionan en esta Norma, corresponden a Normas DGN vigentes de la misma letra y número.

12 BIBLIOGRAFIA

112

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(CONCRETE PIPES. - WATER ABSORPTION
DETERMINATION).

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma establece el procedimiento para determinar la absorción de agua en los tubos de concreto.

2 REACTIVOS.

Agua destilada o potable.

3 APARATOS Y EQUIPO.

3.1 Estufa eléctrica, con ventilación y regulador de temperatura para mantenerla entre 105 y 115° C.

3.2 Balanza, con capacidad de 2 kg y sensibilidad de 0.10 g.

3.3 Recipientes para mantener sumergidas las probetas en el agua en ebullición.

3.4 Parrilla eléctrica o de gas.

4 PROCEDENCIA, IDENTIFICACION Y NUMERO DE PROBETAS.

El mínimo de probetas, para verificar esta prueba, debe ser tres, - tomadas una de cada extremo y otra del centro, deben proceder de - cada uno de los tubos (o parte de ellos), utilizados en alguna de las - pruebas destructivas, identificándose cada una de ellas con el mismo - número de tubo, y con un índice que indique la parte de la cual pro- - cedan.

5 PREPARACION DE LA PROBETA.

5.1 Tubos de concreto simple.

Las probetas extraídas de los tubos rotos, procedentes de alguna de - las pruebas destructivas, identificadas como se señala en el inciso -- anterior, deben tener una de sus superficies de aproximadamente 100 - a 150 cm² y un peso no menor de 1 kg, deben estar libres de grie - tas e imperfecciones en su corte.

5.2 Tubos de concreto reforzado y presforzado.

Las probetas deben ser similares a las citadas en 5.1 y no deben con - tener fragmentos de acero de refuerzo. En caso de que sea imposi -

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ble quitar el acero de refuerzo se descontara el peso de éste, tanto de los pesos inicial y final, en los cálculos de la absorción. En el caso de tubos de concreto presforzado donde existen dos clases de concreto, la absorción se calculará para cada uno de ellos.

6 PROCEDIMIENTO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.1. Secado y pesado de las probetas.

Se secan las probetas en una estufa con ventilación, a una temperatura de 105 a 115°C, hasta que dos pesadas sucesivas, con intervalo de no menos de 6 horas, muestren una diferencia en peso no mayor del 0.10% del último peso de la probeta secada en la estufa. Las probetas con un espesor de pared de 38 mm o menos se secan por un mínimo de 24 horas y las que tengan un espesor de 38 a 76 mm, se secan por lo menos durante 72 horas. Las últimas 6 horas del tiempo mínimo de secado se deben emplear para determinar si la probeta ha obtenido el peso seco apropiado. Las probetas se dejan enfriar en un desecador, y se pesan de inmediato. Las probetas deben pesarse con un aproximación de 1 g.

6.2 Inmersión y hervido de las probetas.

Dentro de las 24 horas posteriores al secado y pesado de las probetas se colocan éstas en un recipiente adecuado, que contenga agua destilada, o potable, a una temperatura de 10 a 24°C.

Se calienta el agua hasta ebullición en un tiempo no menor de una hora, ni mayor de dos horas. No se debe aplicar vapor directo al agua para disminuir el período de preebullición hasta completar por lo menos la hora de calentamiento. Se continua la ebullición durante cinco horas, se apaga la fuente de calor y se dejan enfriar las probetas en el agua hasta la temperatura ambiente, lo cual se logra en no menos de 14 horas, ni en más de 24 horas.

6.3 Pesado de las probetas saturadas.

Se sacan las probetas enfriadas y se colocan en una cesta, dejándolas escurrir por un minuto. Se quita el agua superficial, secando las probetas con una tela o papel absorbentes, se pesan inmediatamente en la balanza con la misma precisión indicada en la pesada inicial.

6.4 Cálculos y resultados.

Se considera, como absorción de agua, la diferencia entre el peso de la probeta hervida y su peso seco y se expresa como porcentaje del peso seco, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

114

(CONCRETE PIPES. - PERMEABILITY DETERMINATION).

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma establece el método para la determinación de la permeabilidad de los tubos de concreto, con o sin refuerzo, en las condiciones especificadas.

2. METODOS DE PRUEBA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.1 Procedimiento.

Se coloca un tubo, o tramo de él, con su extremo macho hacia abajo, sobre una pieza de hule suave o su equivalente, que lo haga estanco y se mantiene lleno de agua al nivel de la base de la campana durante el periodo de prueba. Se debe hacer la primera inspección a los 15 minutos de iniciada la prueba. Si el tubo muestra manchas de humedad en la superficie interna, se continúa la prueba por un periodo que no exceda 24 horas.

2.2 Resultados.

En el informe de prueba debe anotarse la ausencia o la presencia de manchas de humedad, y en este último caso, el lapso, a partir de la iniciación de la prueba, en que aparecen las manchas de humedad o escurrimiento de agua.

3 BIBLIOGRAFIA

ASTM-C-497-74 "Standard Methods of Testing Concrete Pipe or Tile"

México, D.F., a 23 de 1978

EL C. DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

DR. ROMAN SERRA CASTAÑOS

115

Prohibida su reproducción sin autorización de la Dirección General de Normas

NOTA: REFERENCIAS EN ESPAÑOL.

METODO DE PRUEBA HIDROSTATICA PARA TUBOS DE CONCRETO. ✓

C-257-1978 ✓

HYDROSTATICS TEST METHOD FOR CONCRETE TUBES.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para efectuar la prueba hidrostática para tubos de concreto, con o sin refuerzo en las condiciones especificadas.

2. METODO DE PRUEBA

2.1. Aparatos y equipo.

Manómetros.

Dos cabezales metálicos que sellen los extremos del tubo, uno de los cuales debe estar provisto de un niple de 19 mm y el otro con llave de purga.

Bomba de agua que pueda aplicar la presión que indica la norma de calidad correspondiente de los tubos de concreto, bajo prueba.

2.2. Preparación de la probeta.

Los tubos de prueba se deben cerrar en sus dos extremos por medio de los cabezales, los cuales tienen por finalidad impedir la fuga de agua en las juntas. Los cabezales se deben fijar de tal modo que el tubo no sufra compresión circunferencial apreciable en la parte exterior de su pared.

2.3. Procedimiento.

2.3.1. Llenado con agua.

Se conecta el niple al suministro de agua, si éste tiene la presión suficiente para la prueba, o en caso contrario a la bomba. Se inyecta agua al tubo estando este ligeramente inclinado con la llave de purga hacia arriba y se deja salir todo el aire hasta que solo salga agua. Se cierra la llave de purga y se coloca el tubo en posición horizontal. Se conecta el manómetro.

2.3.2. Aplicación de la presión hidrostática.

Se acciona la bomba hasta que la presión del agua llega a 69 KPa (0.70 kg/cm²), aproximadamente en un minuto y se sostiene esta presión por 10 minutos, después de este tiempo se aumenta a velocidad uniforme hasta la presión especificada en la norma del producto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

116

3 MAR. 1978

F.1. PRUEBAS DE TUBERIAS A PRESION.

Las tuberías son probadas en fábrica a presión interna. La prueba en zanja es una verificación suplementaria para asegurar el correcto funcionamiento de la conducción.

PRUEBA DE JUNTAS.

La estanqueidad de las juntas de anillo de hule puede ser verificada por prueba individual a baja presión (2 bars) (un bar = 1.01 kg/cm². aprox). La prueba por un dispositivo según Fig. F1 puede ser efectuada:

- Sobre un tramo terminado para detectar una fuga cuando el interior de la tubería es accesible
- Para probar las juntas inmediatamente después de su colocación.

En este último caso la máquina de prueba debe avanzar al mismo tiempo que la colocación y afectar la tercera junta hacia atrás del frente de instalación. En efecto, la presión de 2 bars, ejerce sobre los tubos un empuje axial de acuerdo con la siguiente tabla, empuje que podría provocar el desenchufe de las juntas en ausencia de fricción suficiente de los tubos sobre la cama de apoyo.

DIAMETRO NOMINAL	EMPUJE KG.
1500	12,760
1600	14,130
1700	15,565
1800	17,130
1900	18,700
2000	20,335
2100	22,040

La prueba de juntas no puede efectuarse sobre todas ellas, pues la máquina no actúa en codos y debe por tanto, ser retirada 3 - tubos antes de cualquier codo.

Por otra parte su manejo es difícil cuando la línea tiene una inclinación apreciable.

Finalmente, la prueba constata la estanqueidad de una junta en un momento dado, en general inmediatamente después de la colocación y antes del relleno; de ahí que sea el relleno sin precaución o asentamiento excesivo de una cama de apoyo mal preparada lo que cause el movimiento de las juntas y las fugas.

El empleo sistemático del aparato de prueba de las juntas no -- puede por tanto garantizar la estanqueidad de la conducción y -- no sirve para paliar los defectos de una instalación descuidada.

LLENADO Y PRUEBA DE LA LINEA.

Llenado Progresivo. Jamás se insistirá bastante sobre la conveniencia de un llenado lento y progresivo de la conducción, comenzando, tanto pronto sea posible, después de la colocación:

- . El concreto de los tubos, parcialmente seco antes de la colocación, recuperado de su contracción mejora sus características mecánicas de impermeabilidad.
- . El aire en la línea, en particular el confinado en las juntas, se evacúa lenta y completamente.
- . La cama de apoyo se carga y asienta progresivamente.
- . La estabilidad de la conducción se mejora frente a los riesgos de flotación en caso de inundación de la zanja.

- .. La capacidad requerida a los equipos de relleno (conexiones, bomba) se minimiza.
- . Las juntas con fugas pueden ser descubiertas a tiempo.
- .. La prueba de la conducción puede ser ejecutada poco después - de la instalación, lo que reduce el lapso de recepción y pues ta en servicio.

Tramos de Prueba. Las pruebas hidráulicas pueden ser efectuadas:

- : Entre válvulas de seccionamiento o entre atraques provisionales.
- : Entre válvulas de seccionamiento o entre atraques provisionales
- : Sobre conducción no equipada taponada o de preferencia sobre conducción completamente equipada (ventosas, desfogues)
- : Sobre conducción parcial o completamente cubierta (pero es de seable dejar las juntas al descubierto)

El largo de los tramos es pues muy variable en función de las - características de la conducción y de circunstancias muy diversas. Sin embargo, conviene seccionar suficientemente para des- - cubrir a tiempo los eventuales defectos:

- : Fugas en juntas
- : Atraques o anclajes insuficientes
- : Válvulas no herméticas
- : Ventosas defectuosas, etc.

De acuerdo con la experiencia el largo de los tramos ha variado de 500 m a 10 kms. la medida usual está comprendida entre 2 y 3 kms.

El seccionamiento debe igualmente tener en cuenta la distribu-ción de las presiones de prueba cuando la línea de carga hidráulica no es horizontal. En tal caso, es preciso comprobar que -- ningún tubo del tramo esté sometido a una presión superior a la que puede soportar.

Presión y duración de la prueba. La presión de prueba está precisada en el proyecto pero es oportuno mencionar los siguientes - puntos:

- : Una presión de prueba más alta que la máxima presión de servicio incrementa la cantidad de concreto de las obras de atra--ques y anclajes.
- : Determinar la presión de prueba multiplicando la presión de - servicio por un coeficiente constante (por ejemplo 1.25) es -- irracional. En efecto, el coeficiente de seguridad podría ser excesivo para los tubos de clases de presión elevadas y al -- mismo tiempo insuficiente para los tubos de clases de baja -- presión.

En nuestra opinión la prueba debe realizarse en dos etapas, ba--jo dos diferentes presiones :

1) Prueba de estabilidad de la línea.

Es una prueba de corta duración a presión lo más próxima posi--ble de la máxima de servicio.

El valor de esta presión máxima de servicio tiene en cuenta las sobrepresiones estimadas de acuerdo con un serio estudio hidráulico en función de los dispositivos de protección previstos.

La duración de esta prueba debe ser lo justamente suficiente para permitir recorrer el tramo y comprobar la ausencia de anomalías.

2) Prueba de estanqueidad de la conducción.

Prueba de más larga duración, a presión estática (o la presión más cercana posible de la presión máxima en régimen de escurrimiento permanente).

Esta prueba tiene por objeto medir la cantidad de agua a inyectar en la conducción para mantener la presión constante.

La prueba dura normalmente 24 horas en una línea no rellena a fin de eliminar el efecto de las variaciones de temperatura en el curso de una jornada. Su duración puede ser reducida en el caso de una línea tapada a partir del momento donde la tasa de pérdidas se mantiene constante o regularmente decreciente.

Condiciones de Prueba. La prueba de estanqueidad no alcanza su plena significación si no se produce después de:

- : Purga completa de aire en la línea
- : Saturación integral de agua en el concreto

Estas dos condiciones suponen que la línea ha sido:

- : Llenada lentamente
- : Mantenido llena por un período de una a tres semanas

Llenado de la conducción. Como ya se dijo, el llenado debe ser tan lento como sea posible. En caso de llenado rápido, conviene adoptar una tasa muy moderada.

Como regla práctica puede decirse que la tasa de llenado no debe exceder del 6% del escurrimiento normal de la línea.

Para fijar el valor de la máxima tasa de llenado, consideramos una velocidad de escurrimiento nominal de 1.50 metros por segundo y obtenemos la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL	LITROS / SEGUNDO	
	ESCURRIMIENTO NOMINAL	MAXIMO DE LLENADO
1500	2651	160
1600	3016	180
1700	3405	205
1800	3817	230
1900	4253	255
2000	4712	285
2100	5195	315

Purga de aire. A medida que el llenado alcanza los puntos altos de la conducción, el personal encargado de las pruebas debe purgar cuidadosamente el aire de las tuberías:

- .. Sea comprobando el buen funcionamiento de las ventosas "in situ"
- .. Sea maniobrando las llaves de purga cuando las ventosas reemplazadas provisionalmente por salidas tubulares.

Colmatado. El colmatado es el período de empape de agua sobre el concreto parcialmente desecado, para hacerle volver lentamente a un estado de saturación.

El personal no prevenido puede sorprenderse de las cantidades de agua absorbidas por una conducción en proceso de colmatado.

Para dar una evaluación indicativa de esta cantidad, se necesita precisar que el concreto del tubo primario si estuviera completamente seco, para ser saturado de nuevo debería absorber --

una cantidad de agua igual a 5.50% aproximadamente del peso del concreto seco.

Suponiendo que el colmatado requiera 1.50% del peso del concreto, se establece la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL	TUBOS SERIE NORMAL		TUBOS SERIE REFORZADA	
	VOLUMEN DE LA CONDUCCION M3/KM.	COLMATADO M3/KM.	VOLUMEN DE LA CONDUCCION M3/KM.	COLMATADO M3/KM.
1500	1815	19.320	1767	21.120
1600	2061	21.570	2010	23.670
1700	2323	24.210	2270	26.310
1800	2601	27.000	2545	29.475
1900	2895	29.940	2835	33.090
2000	3205	33.030	3142	36.780
2100	3530	35.520	3464	39.720

Lo que vuelve a replantear que el colmatado puede absorber del orden de 1% del volumen de la conducción ó todavía del orden de 1‰ por día.

Permeabilidad. El concreto centrifugado a pesar de su alta compactidad, presenta aún cierta permeabilidad.

Suponiendo el colmatado absolutamente terminado, la presión de prueba provocaría una débil filtración que iría disminuyendo -- con el tiempo.

Para estimar el valor de esta filtración o percolación, considere solamente el concreto primario, admitiendo:

- Una permeabilidad aparente de 10^{-10} cm/s
- Una presión de prueba de 10 kg/cm² ó 10^4 cm de columna de agua

- Una duración de 24 horas ó 8.64×10^4 segundos.
- Un tramo de 1 kilómetro

La pérdida por percolación se expresa por:

$$Q \text{ cm}^3 = 10^{-10} \text{ S/e } 8.64 \times 10^4 \times 10^4$$

e : espesor primario en cm

S : superficie interior en cm^2 de ducto por km.

$$S = \pi \times D \text{ cm} \times 10^5$$

$$\text{ó } Q \text{ cm}^3 = 0.27 \times 10^5 \text{ D/e}$$

$$Q \text{ litros} = 27 \text{ D/e}$$

De aquí a la siguiente tabla F.1.

Criterio de Recepción. En el momento de la prueba de conducción la pérdida registrada en 24 horas depende:

- Del grado de saturación (colmatado)
- De la evacuación del aire confinado en las juntas
- De la permeabilidad del concreto

La pérdida debe disminuir con el tiempo. La experiencia permite considerar en forma simple que la conducción es aceptable cuando la pérdida en 24 horas es inferior al 1/1000 del volumen de la conducción. De donde se deriva el criterio de recepción:

DIAMETRO NOMINAL	PERDIDA TOLERABLE EN 24 HORAS (LTS./KM.)	
	SERIE NORMAL	SERIE REFORZADA
1500	1815	1767
1600	2061	2010
1700	2323	2270
1800	2601	2545
1900	2895	2835
2000	3205	3142
2100	3520	3464

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Puede observarse que:

- . Este criterio es más favorable a tubos de gran diámetro
- . Las pérdidas reales observadas después del colmatado decrecen hacia valores muy inferiores del orden de 1/3000 a los 6 meses de servicios (en 24 h.) y 1/10000 a los 2 años de servicios (en 24 h.).

Proceso de la Prueba. En la prueba de un tramo se procederá como sigue:

- . Llenado tan lento como sea posible (tasa máxima correspondiente a un llenado de 0.25 metros de conducción por segundo).
- . Purga cuidadosa de aire
- . Lento levantamiento de la presión hasta la presión de prueba de estanqueidad
 - Exámen de la conducción y atraques
 - Medición oficiosa de pérdidas
- . Elevación progresiva de la presión hasta la máxima de prueba de estabilidad
- . Prueba de estabilidad
 - Exámen del comportamiento de atraques
- . Baja lenta de la presión hasta la correspondiente a prueba de estanqueidad
- . Prueba oficial de estanqueidad en 24 horas
 - Mantenimiento de la presión
 - Medición de pérdidas
- . Recepción del tramo cuando la pérdida en 24 horas es inferior al 1/1000 del volumen del tramo

Material de Prueba. Los extremos de la conducción son obturados con tapas de placa de acero herméticas con salidas tubulares:

- . Dellenado
- . De purga de aire
- . De subida de presión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El llenado, efectuado dentro de lo posible durante la colocación se completa:

- .. Por bomba
- o por conexión de una línea de presión existente
- .. Por los tapones de las extremidades
- .. Por conexión a una pieza tubular

El puesto de prueba se conectará a una pieza tubular en un punto fácilmente accesible de la conducción:

El puesto de pruebas contará esencialmente con:

- .. Una bomba de alta presión
- .. Un dispositivo de medición

La Fig. F.2 representa una instalación sencilla.

Atraques de Prueba. Los tapones finales de un tramo de prueba - pueden ser atracados contra el terreno o contra los terrenos ve cinos.

Atraques contra el terreno. Las Fig. F.3 y F.4 esquematizan dos casos de atraque contra el terreno.

La superficie de apoyo debe ser calculada de acuerdo con el empuje y la capacidad de reacción del terreno.

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR JUNTA GOMA	EMPUJE EN KG. PARA PRESION DE 10 KG/CM2.		
		NOMINAL		SOBRE TAPONES DE PRUEBA
		SERIE NORMAL	SERIE REFORZADA	
1500	1750.8	181 450	176 720	240 750
1600	1860.8	206 120	201 060	271 950
1700	1971.2	232 350	227 000	305 180
1800	2081.2	260 150	254 170	340 190
1900	2191.6	289 530	283 530	377 230
2000	2301.6	320 470	314 460	416 060
2100	2411.6	353 000	346 360	456 770

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Atraques contra tramos vecinos. El atraque contra el terreno es el dispositivo habitual. Sin embargo, es posible atracar el tramo ensayado contra los tramos vecinos.

Este sistema ha sido utilizado en particular para conducciones recubiertas y que incluyan elementos desmontables.

La Fig. F.5 representa el sistema de mamparo de atraque utilizado.

En tal caso se recomienda retacar el hueco de las juntas entre tubos por lo menos en 5 juntas de una y otra parte del mamparo.

Como ya se ha dicho, el retacado debe hacerse con un producto - fibroso imputrescible (cordel o cáñamo alquitranado, cuerda de adbesto).

Caso particular de aguas blandas. Las aguas blandas o poco mineralizadas exigen precauciones especiales.

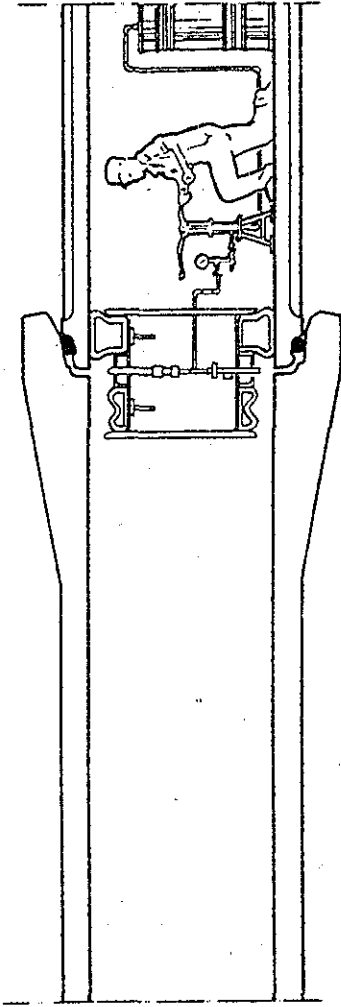
El colmatado debe ser particularmente lento y progresivo, de -- ahí la necesidad imperativa de un llenado de la conducción siguiendo de cerca la colocación.

Las líneas aéreas de condición transportando aguas blandas pueden dar lugar a filtraciones, sin peligro si las aguas no son - agresivas pero da una impresión desagradable.

Para tales cruces aéreos, conviene proceder como sigue:

- . Elegir tubos de calidad irreprochable
- . Mantener estos tubos húmedos hasta el momento de colocación
- . Llenarlos inmediatamente después de colocados con agua adicionada de silicato de sodio
- . Subir la presión muy progresivamente
- . Observar un mantenimiento de presión (condición estable) si aparecen filtraciones
- . Aumentar la presión solamente cuando las filtraciones se hayan secado

vista superior esquemática



PRUEBA INDIVIDUAL DE JUNTAS

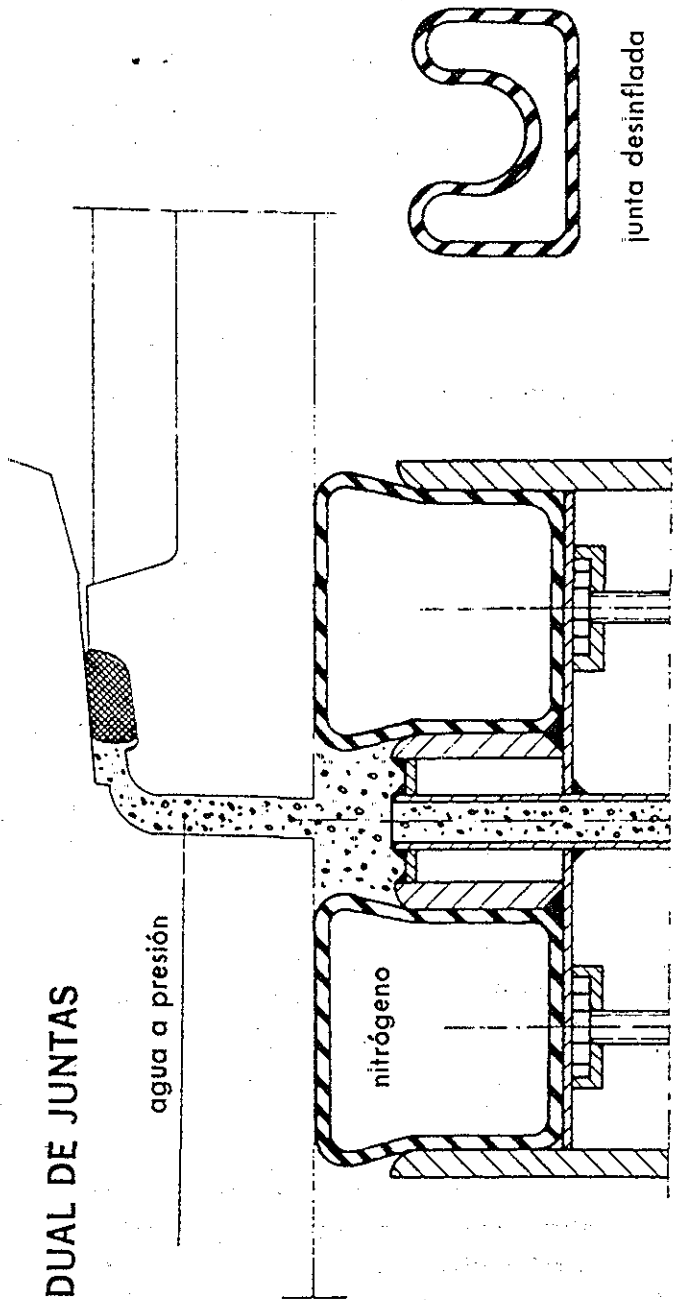
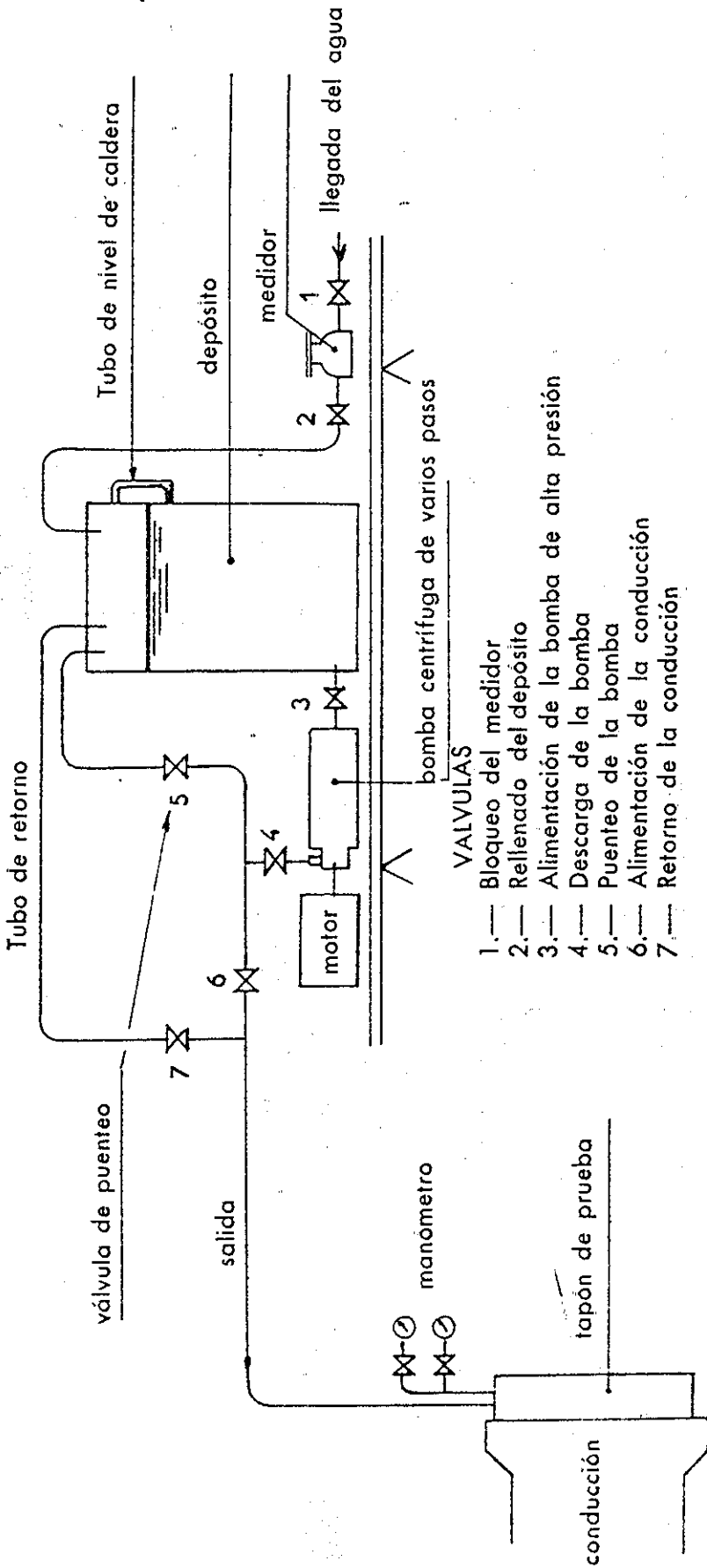


FIG. F.1

ESTACION DE PRUEBA

ESQUEMA



VALVULAS

1. — Bloqueo del medidor
2. — Rellenado del depósito
3. — Alimentación de la bomba de alta presión
4. — Descarga de la bomba
5. — Puenteo de la bomba
6. — Alimentación de la conducción
7. — Retorno de la conducción

Relleno del depósito: 1 y 2 abiertas; 3 cerrada
 inyección en la línea: 3 y 6 abiertas; 4 y 5 maniobradas para mantener presión constante.

MANIOBRAS

7 cerrada

Extracción de agua de la línea: 6 cerrada; 7 maniobrada para mantener presión constante

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FIG. F 2

ATRAQUES DE PRUEBA

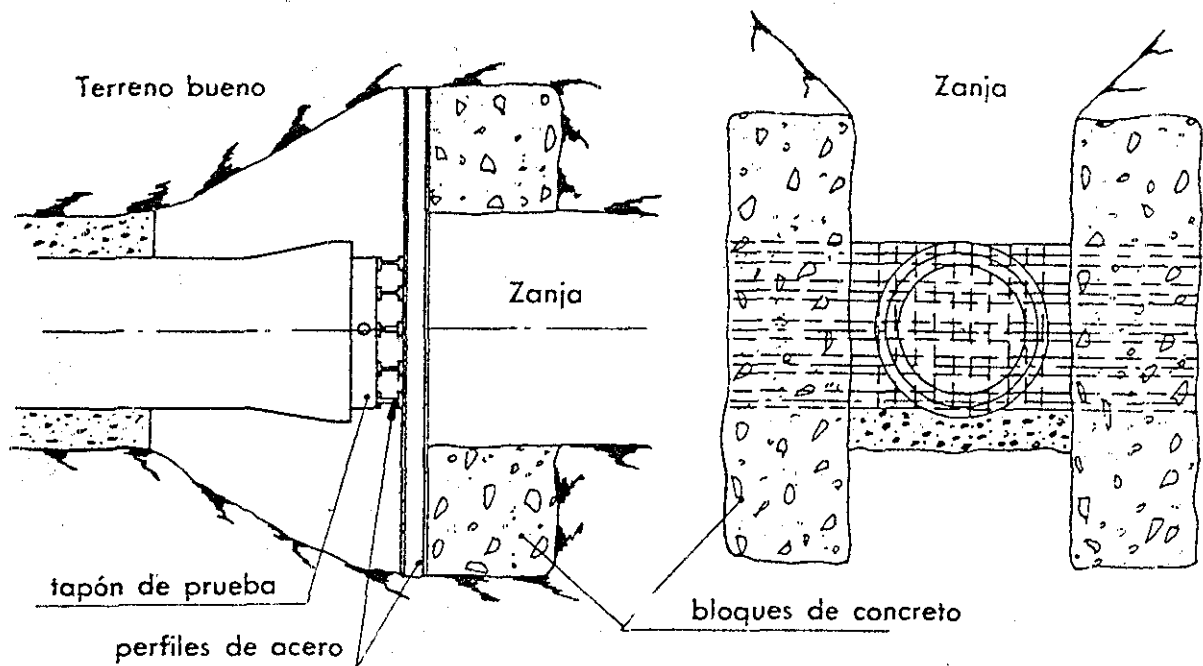


FIG.F. 3

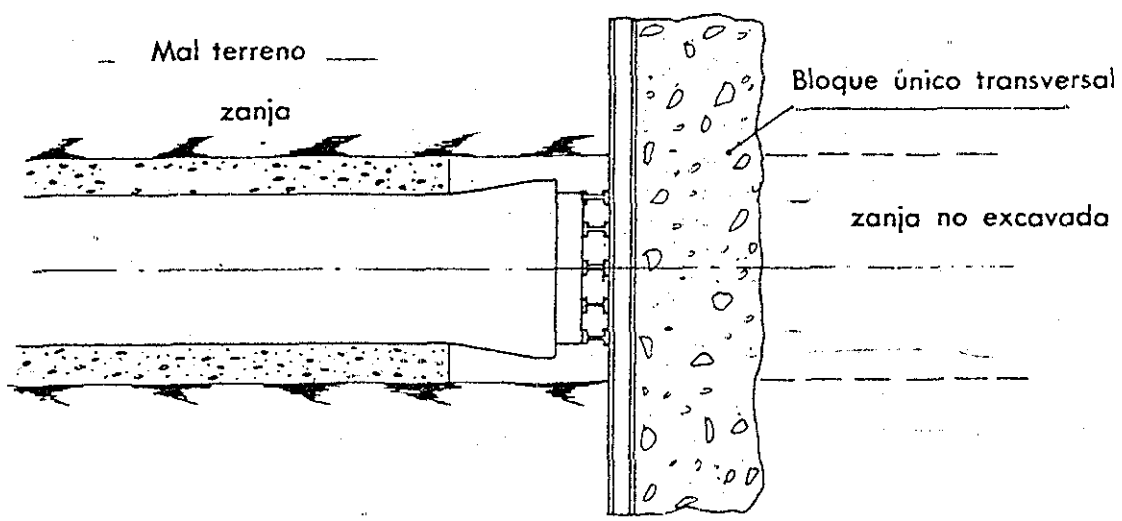


FIG.F. 4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRUEBAS- TAPONAMIENTO DE UNA CONDUCCION

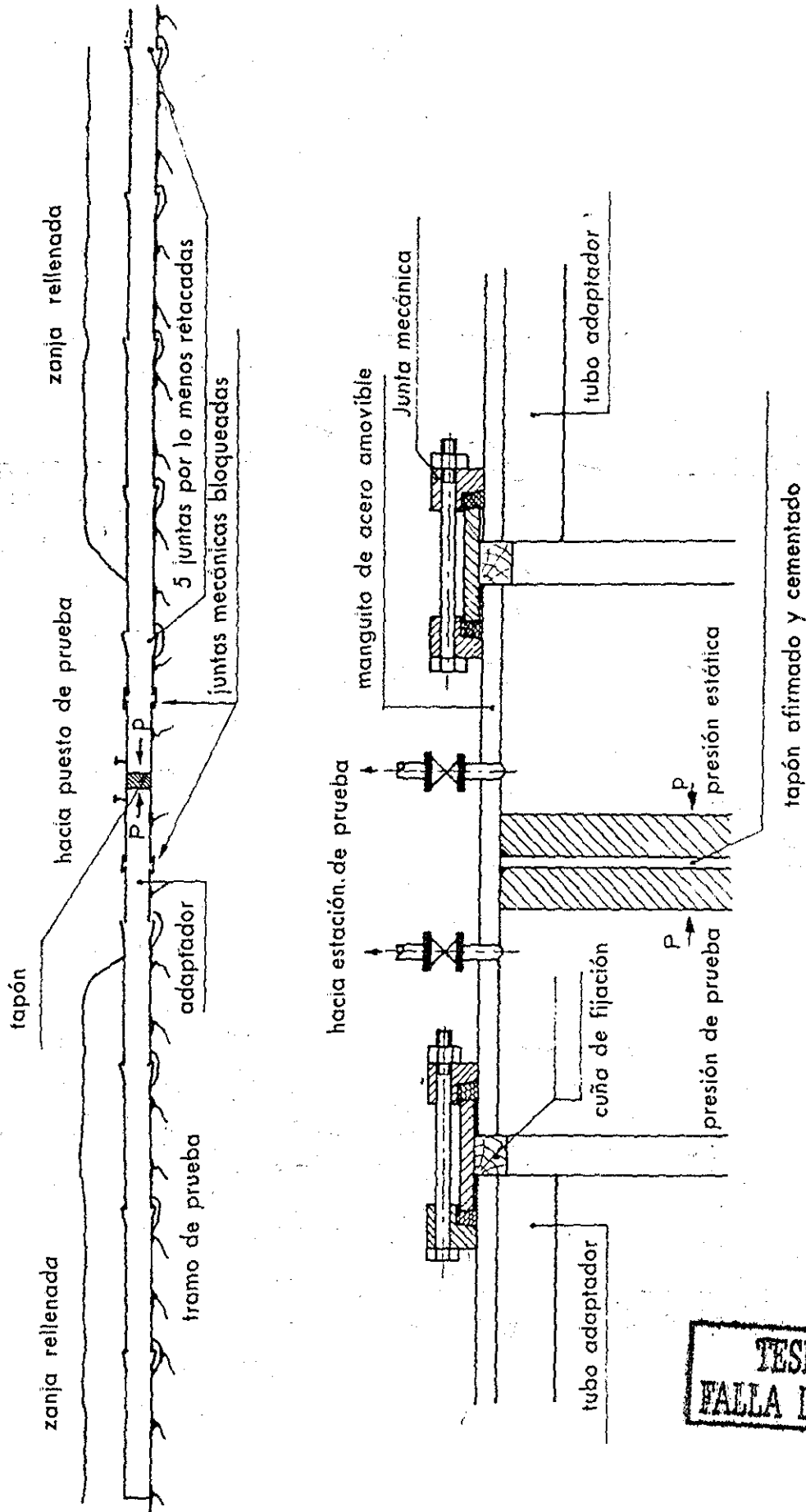


FIG. F.5

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA F. I

SERIE NORMAL

Diámetro nominal	Diámetro (D) cm.	Espesor (e) cm.	D/e	Pérdida lt/km.	Volumen Conducción m ³ /km.	Pérdidas/Volumen ‰
750	77	4.75	16.21	438	465	0.94
900	92	5.5	16.73	452	665	0.68
1000	102	6.0	17.00	459	817	0.56
1100	112	6.5	17.23	465	985	0.47
1200	122	7.0	17.42	470	1167	0.40
1300	132	7.5	17.60	475	1368	0.35
1400	142	8.0	17.75	479	1584	0.30
1500	152	8.5	17.88	483	1815	0.27
1600	162	9.0	18.00	486	2061	0.24
1700	172	9.5	18.10	489	2323	0.21
1800	182	10.0	18.20	491	2601	0.19
1900	192	10.5	18.28	493	2895	0.17
2000	202	11.0	18.36	496	3205	0.15
2100	212	11.5	18.43	498	3530	0.14

SERIE REFORZADA

Diámetro nominal	Diámetro (D) cm.	Espesor (e) cm.	D/e	Pérdida lt/km.	Volumen Conducción m ³ /km.	Pérdidas/Volumen ‰
750	75	5.75	13.04	352	442	0.80
900	90	6.5	13.85	374	636	0.59
1000	100	7.0	14.28	386	785	0.49
1100	110	7.5	14.67	396	950	0.42
1200	120	8.0	15.00	405	1130	0.35
1300	130	8.5	15.29	413	1327	0.31
1400	140	9.0	15.55	420	1539	0.27
1500	150	9.5	15.79	426	1767	0.24
1600	160	10.0	16.00	432	2010	0.21
1700	170	10.5	16.19	437	2270	0.19
1800	180	11.0	16.36	442	2545	0.17
1900	190	11.5	16.52	446	2835	0.16
2000	200	12.0	16.67	450	3142	0.14
2100	210	12.5	16.80	454	3464	0.13

G) RELLENO.

Generalidades.

Las camas de apoyo para los tubos se construirán con la finalidad de distribuir la reacción vertical en la parte inferior y reducir con ello las concentraciones de esfuerzos. La carga que un tubo puede soportar depende en gran medida del ancho y calidad del área de contacto entre tubo y cama de apoyo, de ahí la gran importancia de los trabajos previos a la instalación. Cuando el Ingeniero responsable de la obra dé su visto bueno a la instalación se procederá a hacer el relleno de las zanjas a fin de proteger y dar firmeza a la instalación; en algunos casos hay que realizar el relleno en condiciones especiales siendo el más común el relleno compactado para cumplir con las especificaciones para el tránsito de vehículos sobre el tubo alojado.

Relleno de Acostillado.

Inmediatamente después de la colocación, se debe imperativamente proceder al relleno de acostillado (hasta los costados del tubo).

Este relleno debe ser efectuado con un material homogéneo, granular o débilmente coherente, cuidadosamente retacado bajo el tubo y compactado a rechazo en toda su altura con la ayuda de medios mecánicos, de preferencia pisones neumáticos.

Ciertas especificaciones exigen una granulometría particular del material. Se considera que no es deseable limitar la dimensión de los elementos más gruesos a menos de 6 cms. y se insiste en el hecho de que el balastro de piedra triturada o de cantos rodados que pase el tamiz de 1" constituye un excelente relleno de acostillado.

Relleno clasificado compactado. La segunda fase del relleno consiste en recubrir el tubo hasta 30 cms. por encima de la generatriz superior en capas hasta de 15 cm., compactado cuidadosamente tanto en los lados

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

133

como sobre la corona del tubo. Fig. G.1.

Este relleno es bastante semejante al relleno de acostillado, en sus exigencias, pudiendo ser menores por lo que concierne a la calidad del material y su compactación final.

Relleno a granel. El relleno se completa acabando de llenar la zanja con el material excavado no clasificado.

Salvo indicaciones específicas, este relleno no se compacta.

El material debe ser descargado en la zanja en forma progresiva sobre el tubo para evitar los efectos dinámicos de cargas importantes cayendo sobre la tubería.

Se debe poner especial atención en los casos de zanjas profundas, donde las pendientes sean fuertes, en las piezas especiales y en cruceros con tráfico.

Este relleno final deberá estar libre de piedras grandes, lentes de arcilla, raíces, etc., y debe ser compactable. Se coloca el material de relleno en capas uniformes de 20 a 30 cms. de espesor debidamente apisonadas. No se usen medios mecanizados, sino hasta que tenga un colchón suficiente para proteger a la tubería, de los efectos del peso e impacto que producen las máquinas. Fig. G.2.

No debe permitirse que la tubería soporte el peso de máquinas pesadas, antes de que el relleno esté debidamente consolidado. La operación deberá terminarse tan pronto como sea posible, después de colocar los tubos y antes de cargar la línea con agua. Ello evitará que los tubos pudieran llegar a flotar en el caso de que la lluvia inundara la excavación.

Relleno en dos etapas. Las tres fases de relleno antes indicadas son ejecutadas sucesivamente cuando se rellena la zanja inmediatamente después del tendido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

134

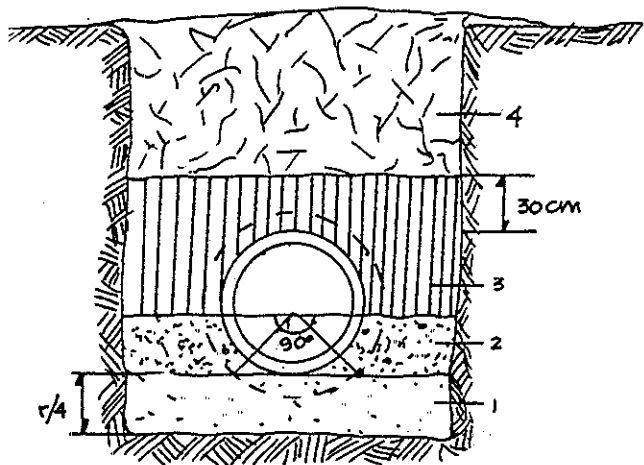


Fig. G.2. Sección Transversal de la Zanja Tipo.

1. Plantilla granular compactada a 90% de la Prueba Próctor, aproximadamente con espesor de $r/4$, cuando menos.
2. Acostillado con material compactable seleccionado.
3. Relleno en capas de 30 cms., compactado al 90% de la prueba Próctor -- con material seleccionado producto de la excavación, hasta 30 cms. -- arriba del lomo del tubo.
4. Relleno a volteo con material producto de la excavación.

Nota: Plantilla y el acostillado conviene sean del mismo material.

En el caso de requerirse que las juntas permanezcan expuestas hasta la prueba hidráulica de la línea, se efectuará inmediatamente después del tendido:

- El relleno de acostillado
- La parte del relleno apisonado
- La parte del relleno con material de excavación dejando un camellón sobre cada tubo

Estos camellones están destinados a lastrar los tubos y represar escurrimientos de agua en la zanja en caso de temporal o de inundación.

En los cruces con posibles cursos de escurrimientos, los camellones se continuarán hasta cubrir dos o tres juntas.

Profundidad de capa de protección. Sobre la profundidad apropiada de la capa protectora del tubo o el relleno de la cepa de colocación, ha habido numerosos cambios durante el período de evolución de las tuberías de concreto. Muchas recomendaciones y muchos informes se han hecho al respecto y el criterio sostenido actualmente por varias autoridades es de que se cubran con una capa mínima de 0.65 m. para condiciones normales en tierras agrícolas y para cruces de caminos secundarios no sometidos a cargas rodantes pesadas ni a vehículos de altas velocidades.

Para cruzar caminos con tránsito de cargas pesadas así como tránsito intenso de alta velocidad, el colchón mínimo de tierra debe ser de 0.80 m. El colchón máximo que puede permitirse es virtualmente ilimitado, dadas las condiciones en las que se construye el tubo y las correspondientes condiciones de carga que se suscitan de este tipo de construcción. Numerosos análisis técnicos confirman mediante la medida de deformaciones que las cargas por relleno no producen esfuerzos excesivos en las fibras de la pieza, que la hagan peligroso.

Normalmente los rellenos no se compactan, exceptuando los cruces con caminos.

Dependiendo de las condiciones de apoyo principalmente, así como de la calidad de los rellenos sucesivos será la carga que el tubo podrá soportar, de esta manera tradicionalmente se ha clasificado el relleno de cepas para proporcionar diferentes factores de carga en : (Fig.G3).

CLASE	FACTOR DE CARGA
A	2.8 a 4.8
B	1.9
C	1.5
D	1.1

Definiendo el factor de carga como la relación de la resistencia del tubo, con cualquier condición de apoyo, a la resistencia obtenida con la prueba de los 3 apoyos. En la Fig. G.4 se ilustran las diferentes clases de apoyo para tubos circulares en terraplén.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Equipo. El material acamellonado a lo largo de la línea de instalación procedente de la excavación se seleccionará de acuerdo con las indicaciones descritas anteriormente y en su caso podrá ser usado en el relleno debiendo ser vértido cuidadosamente a la instalación. No debe de ser razado dentro de las zanjas o volteado bruscamente sobre los tubos deberá ser colocado de tal forma que no mueva o dañe la tubería instalada.

Normalmente se utiliza el mismo equipo de excavación para iniciar el relleno, ya que la retroexcavadora puede depositar el relleno en el lugar exacto sin dejarlo caer muy bruscamente, el relleno se hará por capas compactándolas con equipo ligero con el fin de no dañar el tubo y para facilidad de trabajo dentro de la zanja, cuando el colchón sobre el tubo lo permita podrá emplearse equipo pesado tanto para el acarreo del material como para su compactación. Cuando el relleno de una trinchera es con material procedente de una pila longitudinal a la zanja el equipo adecuado es un tractor de orugas equipado con una hoja de empuje angular. Si el material de relleno se encuentra a unas veintenas de metros la hoja útil para el tractor será de la forma de U; pero cuando el material tiene que acarrear desde cierta distancia un cargador frontal ya sea de orugas o de ruedas (dependiendo del tipo de terreno) será el equipo adecuado.

El objetivo de una compactación es aumentar el peso volumétrico del material y con ello lograr una protección de las instalaciones en este caso. Para revisar el grado de compactación de un material se tienen las siguientes pruebas.

- 1) Próctor
- 2) Próctor modificada
- 3) Porter
- 4) Speedy

Los factores que influyen en la compactación son el tipo de material -

por su diferente fuerza resistente, el coeficiente de uniformidad y la humedad óptima principalmente.

La compactación se puede lograr por diferentes medios o combinándolos, así se tienen :

MEDIO	PARA COMPACTAR (GENERALMENTE)	EQUIPO USADO (P.EJ.)
Presión Estática	Todo tipo de suelos	Planchas
Amasamiento	Suelos Finos	"Pata de Cabra"
Impacto	Suelos Cohesivos	Rodillo de reja o Impacto
Vibración	Suelos Friccionantes	Rodillo Vibratorio

RELLENO EN CENTROS.

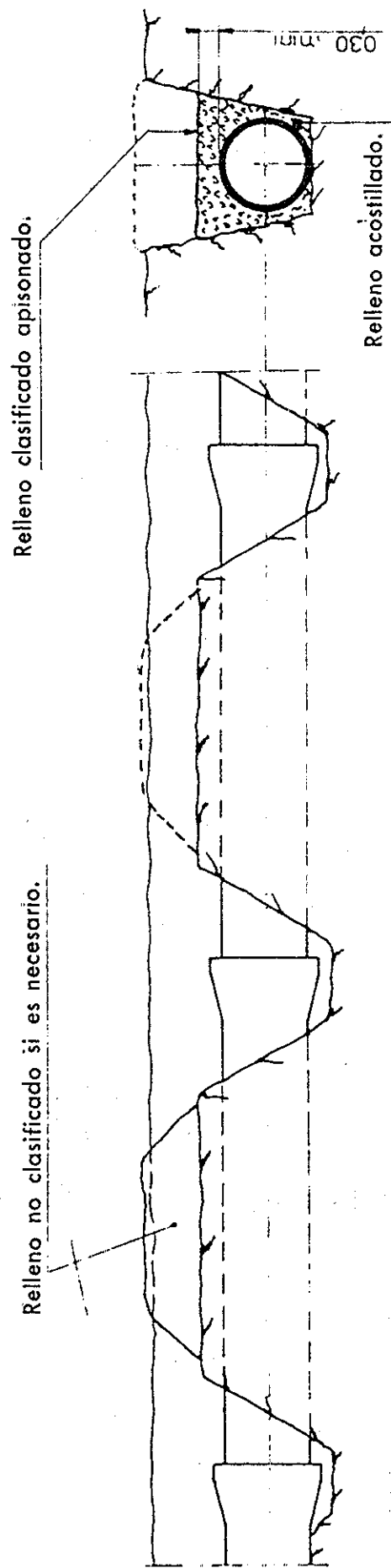
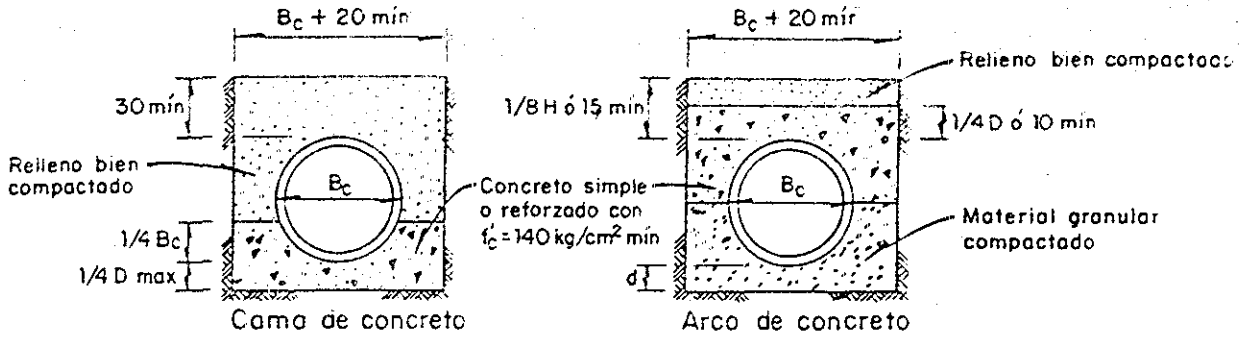


FIG.G.1

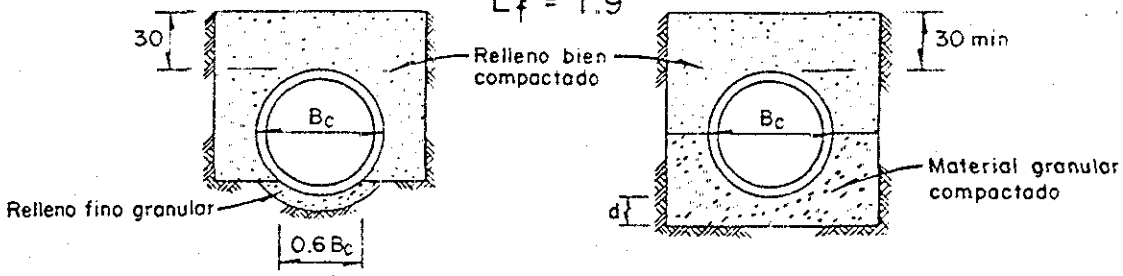
Clase A

Refuerzo $A_s = 1.0\%$ $L_f = 4.6$
 Refuerzo $A_s = 0.4\%$ $L_f = 3.4$
 Sin refuerzo $L_f = 2.6$



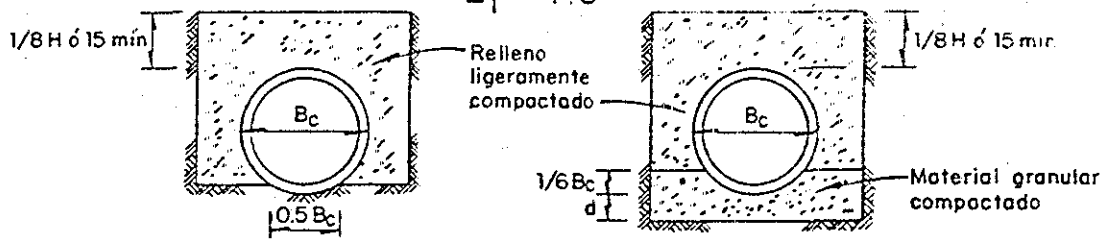
Clase B

$L_f = 1.9$



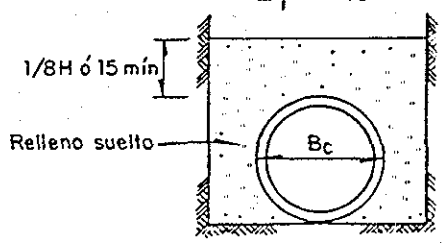
Clase C

$L_f = 1.5$



Clase D

$L_f = 1.1$



B_c = diámetro exterior del tubo
 H = altura total del relleno, arriba del tubo
 D = diámetro interior del tubo
 L_f = factor de carga
 d = altura del relleno abajo del tubo
 A_s = área de acero transversal como porcentaje del área de concreto

Acotaciones, en cm

FIG. G. 3 Condiciones de apoyo para tubos circulares, en trinchera

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

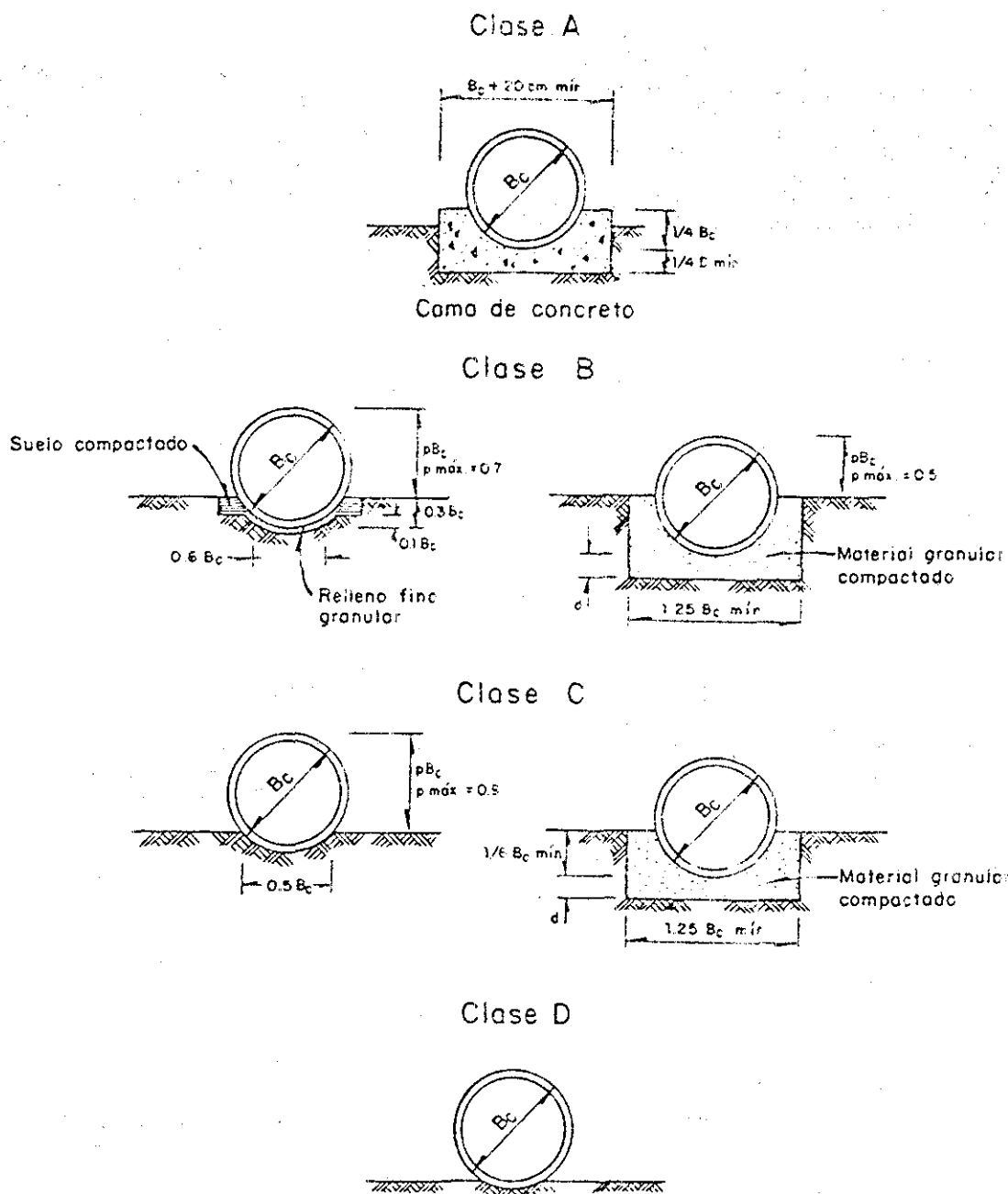


FIG. G. 4 Condiciones de apoyo para tubos circulares, en terraplén

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APENDICE I. TUBERIA COLADA EN SITIO.

Introducción.

La historia de la tubería colada en el lugar, es en cierta forma obscura, pero su desarrollo probablemente comenzó alrededor de 1922 cuando en el Distrito de Riego de Turclock en el Valle de San Joaquín, Calif., se usó este tipo de instalación para substituir a los canales construídos en tierra. A partir de esta construcción, el uso de la tubería colada en el lugar se extendió a otras partes de California, a otros Estados y a otros Países. Después de conocer el trabajo realizado en los Distritos de Riego de Turclock, muchos otros Distritos de Riego en el Oeste de los Estados Unidos empezaron programas similares de substitución de canales en tierra por tubería de concreto colada en el sitio.

Métodos Primitivos.

Los procedimientos y técnicas de construcción primitivos, fueron más burdos de los que se consideran aceptables actualmente.

En las primeras instalaciones, se colaba inicialmente el concreto de la plantilla seguido del colado de la tapa que se hacía posteriormente en forma separada. Este tipo de construcción es conocido comunmente con el nombre de Colado en dos Etapas.

El primer colado era de sección rectangular, con una losa en la plantilla de 10 cm. de espesor y una sección pequeña de muros verticales.

Arriba de los muros se formaba una cimbra de madera en forma de corona de arco y se hacía el segundo colado.

Este método, pronto dió motivo a un procedimiento ligeramente diferente en el que se usó la trinchera semicircular en lugar de rectangular. El concreto de la plantilla, se colocaba y se le daba forma por medio de dos hombres que usaban una tina o bote. Un hombre jalaba la tina o bote y el

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

142
ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

otro permanecía en él meciéndolo de un lado a otro, para darle la forma re dondeada. Después de que se le daba la forma a la plantilla, se colocaban formas metálicas semicirculares para la mitad superior. Pedazos de madera delgada se colocaban a lo largo de la plantilla para que sirvieran como -- combinación de placas soportantes para los miembros de madera que soste -- nían la forma superior. El concreto para la mitad superior, se colocaba a mano y se hacía bajar alrededor de la forma hasta que estuviera en contac -- to con la mitad inferior.

Inmediatamente después de la introducción de la base semicircular, el uso de tracción muscular para jalar el "bote" se substituyó por métodos mecáni -- cos para remolcarlo, usando malacates, camiones o tractores. Este fué el -- principio de la construcción mecanizada de la tubería de concreto colada -- en el sitio.

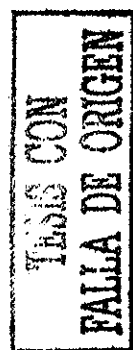
El proceso del colado en dos etapas, fué posteriormente mejorado con un -- equipo de dos piezas, una que colocaba la base y la segunda que siguiendo de cerca la primera colocaba la tapa. Una versión mejorada de este proceso es usado aún actualmente y proporciona un producto de buena calidad.

Al tiempo que el concreto para la mitad superior se podía colocar, el con -- creto en la mitad inferior ya había alcanzado su fraguado inicial. Entre -- el primero y el segundo colado, la impermeabilidad del concreto puede ser afectada por tierra que cae en las juntas procedente de los taludes. La -- combinación del concreto colocado parcialmente y la tierra proveniente de los taludes, proporciona una adherencia muy pobre entre los dos colados.

A pesar de los métodos tan burdos y técnicas tan primitivas, muchas de las primeras tuberías están aún en uso con extraordinario récord de servicio -- libre de problemas.

Métodos Actuales.

Haciendo un esfuerzo para vencer las objeciones de los Ingenieros en rela -- ción a las juntas frías, para eliminar la contaminación de tierra y para --



proveer vibración para la consolidación del concreto, se iniciaron trabajos experimentales aproximadamente en 1949, con una máquina que colocaba la sección completa del tubo en una sola operación. La primera instalación de tubería monolítica colada en el sitio, colocada a máquina, se realizó en 1950. Esta instalación, se hizo en Woodland, California, utilizando un modelo experimental el cual más tarde sirvió de base para la patente de la No-Joint. El primer uso de la tubería colada en el sitio realizado por el Bureau Off Reclamation de los Estados Unidos, fué en el Proyecto de Orland California en 1954, en donde se construyeron tubos de 36 y 48 pulgadas de diámetro.

La máquina experimental fué adquirida por la No-Joint Concrete Pipe Company y posteriormente la desarrolló y mejoró durante la década de los cincuenta.

Los tres procedimientos son muy similares y se describen en los párrafos siguientes :

Con el desarrollo de máquinas y el mejoramiento de las mezclas de concreto, control, aditivos y consolidación efectiva, el empleo de la tubería colada en el lugar está creciendo considerablemente.

- Procedimiento de la No-Joint. Las máquinas para colar la tubería en el sitio, consisten de un trineo o rastra o forma deslizante la cual se ajusta perfectamente a los taludes y a la plantilla semicircular de la trinchera. Una forma deslizante por separado se requiere para cada tamaño de tubo. El espacio libre entre la forma deslizante y la trinchera es de 10 a 15 mm.

Una máquina de gasolina, se monta en la plantilla del extremo anterior de la forma deslizante. Esta máquina opera un montaje de motor eléctrico generador, tambor y cable de velocidad variable controlado a mano. El tambor y el cable mueven la forma deslizante hacia adelante jalando un cable de acero el cual es enganchado a una ancla localizada en el interior o exterior de la trinchera. El motor eléctrico activa a dos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

vibradores de velocidad variable montados a cada lado y cerca de la -- forma viajera interior. La forma viajera o ensamblaje está compuesta -- de la forma interior, forma superior y la tolva. Este ensamblaje es soportado por y adherido al trineo o rastra por medio de articulaciones permitiendo a la forma viajera adaptarse a la base de la trinchera.

En el interior de la tolva, se encuentra un mecanismo excavador accionado eléctricamente, el cual mueve el concreto de la tolva hacia abajo y alrededor de la forma mientras que el vibrador lo compacta. La velocidad del mecanismo excavador y la frecuencia de vibración, pueden ser controladas independientemente para adaptar el revenimiento del concreto que se use. A medida que la forma deslizante se mueve hacia adelante, las formas circulares de aluminio se quitan del banco, en donde -- fueron previamente colocadas y alimentadas en el frente del mandril, en donde se enganchan manualmente a la forma anterior y son automáticamente aceitadas.

Las formas soportan alrededor de 230° del interior del tubo. Se colocan puntales metálicos manualmente en el interior de las formas, para mantener rígidamente la forma apropiada del tubo.

Las formas metálicas están construídas, de una aleación de aluminio y tienen alrededor de 1.20 m. de longitud. Las formas permanecen en su lugar de 4 a 6 horas hasta que el concreto realice su fraguado inicial. Los puntales se retiran y la forma se jala hacia adelante dentro de la trinchera, la que ha sido excavada para el siguiente colado. Comúnmente esto se hace de un solo jalón usando una de las piezas del equipo disponible en el sitio. Algunas veces sin embargo las formas son separadas en el interior del tubo y dirigidas hacia adelante, de dos o más jalones. Después de que se han retirado las formas, son desenganchadas y almacenadas en el banco, preparándose para el próximo uso.

Al completar la colocación, las formas deslizantes se retiran de la -- trinchera, se lavan completamente y se preparan para el uso siguiente. El procedimiento de la No-Joint se ha utilizado para fabricar tuberías

que varían entre 0.6 y 1.80 m. de diámetro (de 24 a 72 pulgadas) y se considera factible que se pueden construir de tamaños mayores.

- Procedimiento Inflataform. En el procedimiento de la Fuller Form se -- usa una forma interior fabricada de hule llamada "Inflataform" en lugar de formas metálicas. Esta consiste de una forma viajera deslizante la cual está equipada con una forma exterior en la parte superior, dos tolvas de concreto, dos pisones y dos vibradores. Se necesita una forma deslizante para cada tamaño de tubería. La velocidad de los pisones y la frecuencia de los vibradores se puede variar como se desee. Se requiere también un generador exterior para proporcionar fuerza motriz a los pisones, vibradores y al sistema de luces.

La "Inflataform" o sea la forma de hule, se coloca en la trinchera en el lugar deseado y se infla a una presión de 0.3 kg/cm². La forma deslizante se mueve hacia adelante en la trinchera por medio de un malacate montado en un camión, a una velocidad acorde con la colocación del concreto. A medida que la forma deslizante se mueve hacia adelante, se recoge sobre rodillos la forma inflada y se coloca convenientemente. Se vierte concreto en las dos tolvas y se hace bajar por medio de los dos pisones que se encuentran colocados uno en cada tolva. El concreto de la tolva anterior, se hace descender para formar la mitad inferior de la tubería, mientras que el concreto de la tolva posterior se utiliza para formar la mitad superior.

A medida que el concreto se va colocando, se va consolidando por medio de vibradores, uno de los cuales está montado en la tolva trasera y el otro en un anillo de acero el cual circula la forma de hule localizado justamente abajo de las tolvas. Aproximadamente una hora y media o dos horas después de que la colocación del concreto se ha completado, la "Inflataform" se desinfla parcialmente y usando cualesquiera del equipo disponible se jala hacia adelante, dentro de la trinchera preparándose para la próxima colocación. Entonces es nuevamente colocada e inflada para el próximo uso. Mientras esto se realiza, la forma deslizante es removida de la trinchera debiéndose lavar para ser nuevamente -- usada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

146

La forma interior fabricada de hule, fué especialmente desarrollada para Fuller Form, por la Goodyear Aerospace Corporation.

Tubería colada en el lugar ha sido fabricada por el procedimiento de la Fuller Form en tamaños que varían de 0.3 a 1.7 m.

- Procedimiento de Colado a Presión.

El procedimiento del colado a presión no se describirá con el mismo detalle con que fueron descritos los otros dos procedimientos puesto que la máquina es difícil de conseguir. Consiste en una forma deslizante de acero, tolva de concreto, consolidador oscilatorio interno y planta propia. En este procedimiento se utiliza una forma completa circular de aluminio, para el interior de la tubería y un margen viajero para marcar la línea maestra de la clave del tubo a medida que se va colocando. La consolidación oscilatoria que sustituye a los vibradores de concreto usados en los otros procedimientos, distribuye y compacta el concreto aún alrededor de la periferia del cable, el cual está amarrado al ancla de la trinchera delante de la máquina. Las formas completas de aluminio apuntaladas, se dejan en el lugar hasta que el concreto haya fraguado suficientemente. Los puntales se retiran y la forma se jala hacia adelante para usarse nuevamente. Esta forma deslizante se retira de la trinchera, se lava perfectamente y se prepara para usarse nuevamente.

La máquina puede producir tubería de tamaños que varían de 0.6 a 3 m. de diámetro (de 24 a 120 pulgadas).

Cimentación. Las tuberías de concreto coladas en el sitio, prácticamente pueden instalarse en cualquier tipo de terreno. Las arcillas expansivas constituyen el suelo más inadecuado para esta clase de ductos y es preferible evitarlos si es posible.

Fragmentos grandes roca así como cantos de gran tamaño se quitarán de la cepa de cimentación y los huecos que dejen se rellenarán con material seleccionado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

147

Si la tubería se instala en roca fija, se sobreexcavará la cepa y se proveerá una base de tierra apisonada para sentar y apoyar lateralmente los colados del tubo. Debido al costo de la excavación en roca más el relleno de material adecuado, puede ser más económico buscar otro trazo de la línea evitando hacerlo por el tramo de roca firme. Materiales porosos o esponjosos, también deben eliminarse de las cepas y ser substituídos por otro material estabilizado. El principio de mayor importancia que debe seguirse en la construcción de tubos colados en el sitio es de obtener soporte firme completo y uniforme del fondo del tubo a las paredes laterales; unos 230° ; 115° a cada lado del eje vertical.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

- 1) C.F.E.; Manuel de Diseño de Obras Civiles, Estructuras C.2.6 Tuberías, México 1981.
- 2) S.C.F.I.; Dirección General de Normas, Normas Oficiales Mexicanas en vigor.
- 3) DYSA, S.A.; Información General.
- 4) COMECOP, S.A. DE C.V.; Tubería de Concreto Pretensado, TCP-3-1981.
- 5) COMECOP, S.A. DE C.V.; Manual de Instalación.
- 6) COMECOP, S.A. DE C.V.; Datos Técnicos.
- 7) COMECOP, S.A. DE C.V.; Colocación de Tubería Prefabricada de Concreto Bajo en Terraplén.
- 8) TEPSA.; Recomendaciones Generales para el Manejo y Colocación de Tubería.
- 9) IMSA.; Alcantarillas Formet.
- 10) IMSA.; Tubo Espiroformet.
- 11) IMSA.; Boletín Técnico, Armado e Instalación de Alcantarillas Seccionales.
- 12) A.C.P.A.; Concrete Pipe Handbook, Chicago 1958.
- 13) A.C.P.A.; Concrete Pipe Design, Chicago 1958.
- 14) A.W.W.A.; Instalation of Concrete Pipe.
- 15) MARIIN, WALKER L.; Tuberries Instalation.
- 16) CARSON, ARTHUR B.; General Excavation Methods, Mc Grawthil, 1961.
- 17) DEURIFOY, r.l.; Métodos Planeamiento y Equipos de Construcción, Ed. Diana, México 1981.
- 18) DAY, DAVID A.; Maquinaria para Construcción, Ed. Limusa, México 1978.
- 19) UNAM-FI; Apuntes de Movimiento de Tierras.