

300615  
4



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**TUBERIAS DE CONCRETO DE GRAN DIAMETRO PARA  
SU USO EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE**

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
PEDRO EDUARDO INOSTROSA MEADE

MEXICO, D. F.

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



Al Pasante Señor Pedro Inostrosa Meade

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud., a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Señor Ing. Joaquín Chávez Zúñiga, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero Civil.

" TUBERIAS DE CONCRETO DE GRAN DIAMETRO -  
PARA SU USO EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE "

Con el siguiente índice:

|              |                             |
|--------------|-----------------------------|
| CAPITULO I   | INTRODUCCION                |
| CAPITULO II  | FABRICACION                 |
| CAPITULO III | PIEZAS ESPECIALES           |
| CAPITULO IV  | HIDRAULICA DE LOS CONDUCTOS |
| CAPITULO V   | INSTALACION                 |
| CAPITULO VI  | CONCLUSIONES                |

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar - Servicio Social como requisito indispensable para sustentar - examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

ATENTAMENTE

INDIVISA MANENTE  
México D.F. a 27 de Septiembre de 1983.  
ESCUELA DE INGENIERIA

ING. ARTURO ECHEAS DE BENGARDI  
D I R E C T O R

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-60 MEXICO 06140 D. F.

*A mis Queridos Padres:*

*Que con todo su cariño e incansable esfuerzo, hicieron  
posible la realización de mis estudios.*

*A mis hermanos y amigos, por compartir conmigo las vicisitudes de mi carrera.*

*A mi preciosa novia*

*A mi Escuela y a todos mis maestros con gratitud y  
respeto por las enseñanzas que me impartieron.*

*A todas aquellas personas e Ingenieros que con sus  
indicaciones y orientaciones ayudaron a la realiza  
ción de esta Tesis.*

*Muchas gracias a todos*

# I N D I C E

|   | HOJA |
|---|------|
| T E M A I.- INTRODUCCION                    | 1    |
| T E M A II.- FABRICACION                    | 4    |
| II-1- Fabricación                           | 4    |
| II-2- Materiales usados.                    | 11   |
| T E M A III.- PIEZAS ESPECIALES             | 14   |
| III-1- Codos                                | 15   |
| III-2- Tees                                 | 18   |
| III-3- Reducciones                          | 19   |
| III-4- Adaptadores                          | 19   |
| III-5- Cierres                              | 20   |
| III-6- Tubos cortos                         | 20   |
| T E M A IV.- HIDRAULICA DE LOS CONDUCTOS.   | 24   |
| IV-1- Generalidades                         | 24   |
| IV-2- Fórmulas                              | 24   |
| IV-2-1- Fórmula de Colebrok                 | 24   |
| IV-2-2- Fórmula de Hazen & Williams         | 26   |
| IV-2-3- Fórmula de Scobey                   | 26   |
| IV-2-4- Fórmula de Manning                  | 27   |
| IV-3- Pérdida de carga en Piezas Especiales | 31   |
| IV-3-1- En Codos                            | 31   |
| IV-3-2- En Conexiones                       | 34   |

|  | HOJA      |
|--|-----------|
| <b>T E M A V.- INSTALACION</b>                         | <b>36</b> |
| V-1- <i>Generalidades</i>                              | 36        |
| V-2- <i>Estudios Preliminares</i>                      | 37        |
| V-3- <i>Organización general de los trabajos</i>       | 38        |
| V-4- <i>Pasos para la instalación</i>                  | 40        |
| V-4-1- <i>Transporte, carga y descarga</i>             | 40        |
| V-4-2- <i>Excavación y preparación de la plantilla</i> | 41        |
| V-4-3- <i>Colocación</i>                               | 46        |
| V-4-4- <i>Relleno</i>                                  | 59        |
| V-5- <i>Llenado de conducción</i>                      | 61        |
| V-6- <i>Pruebas Hidrostáticas</i>                      | 62        |
| V-7- <i>Atraques</i>                                   | 70        |
| V-8- <i>Instalación en casos especiales</i>            | 74        |
| <b>T E M A VI.- CONCLUSIONES</b>                       | <b>82</b> |
| <b>B I B L I O G R A F I A</b>                         | <b>86</b> |



1

T E M A I

I-1

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

*Las demandas crecientes del recurso agua y la escasez de éste en forma natural, son factores básicos que orientan las acciones de - - transportarla de lugares cada vez más lejanos por medio de la utilización de tuberías de gran diámetro.*

*La importancia de esta Tesis está basada en la tubería de concreto que es uno de los medios que se utiliza para transportar agua.*

*Se entiende por tubería al conjunto de tubos previstos de un sistema de unión adecuado, dentro del cual podemos conducir generalmente líquidos o gases.*

*Podemos encontrar otras clases de material en los tubos para conducir agua que son los de asbesto-cemento y los de acero.*

*Yo elegí las tuberías de concreto para hacer mi Tesis por la gran importancia que representa en la actualidad, por ejemplo: en el Area Metropolitana de la ciudad de México, por medio del Sistema Cutzamala utilizando tubería de concreto pretensado se llegará a traer 24 m<sup>3</sup>/s. para el año 2 000.*

*Existen en México tres variedades de tuberías de concreto que son:*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- 1.- Tubos de concreto preesforzado sin cilindro de acero.\*
- 2.- Tubos de concreto preesforzado con cilindro de acero.
- 3.- Tubos de concreto reforzado, sin cilindro de acero.

- 1.- Los tubos de concreto preesforzado sin cilindro de acero están -- formados por un núcleo que contiene alambre de pretensado longitudinal y concreto, después el tubo secundario que está formado por un alambre de pretensado transversal y finalmente se protege con un revestimiento de mortero cemento.
- 2.- El tubo de concreto preesforzado con cilindro de acero es aquel -- que está forrado por un tubo primario o núcleo, constituido por -- un cilindro de lámina de acero y anillos soldados también de -- acero, después se coloca el concreto, se refuerza precomprimiéndolo -- transversalmente con alambre y al final se recubre con mortero de -- cemento.
- 3.- El tubo de concreto reforzado es un tubo que lleva un armado longitudinal y un armado transversal sujetados por medio de amarres de alambre o soldaduras hasta formar una armadura rígida de tal -- forma que las varillas permanezcan en su posición correcta durante las operaciones de concreto que será colocado en los moldes correspondientes por medio de algún método de centrifugación, o por colado vertical.

\* Es conveniente señalar que también es usual llamarlo presforzado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Me enfocaré exclusivamente a la tubería de concreto presforzado porque nos dá una idea muy grande de los procesos de fabricación y su instalación es muy similar.*

*Estos tubos soportan grandes presiones interiores, fuertes cargas de terreno, un bajo coeficiente de rugosidad interior que logra un escurrimiento óptimo y permanente, que hace mínimas las pérdidas de carga por conducción.*

*También nos proporcionan para las uniones, la junta de hule autocenttable, que además de asegurar una hermeticidad absoluta, otorga flexibilidad en las instalaciones.*

*La alta calidad de su recubrimiento, elaborado con mortero de máxima calidad aplicado a muy alta velocidad, forma una barrera para la corrosión; ésto nos da garantía de su larga vida.*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

T E M A I I

II -1

SISTEMAS DE FABRICACION

En México sólo existen tres fábricas de tubos de concreto pretensa - do, las técnicas que encontramos son la Francesa, la Estadounidense y - la Australiana.

Estas fábricas hacen los tubos en serie hasta 2.50 m., de diámetro, - que es el mayor diámetro que se ha colocado en México con éste tipo de - tubería.

Para la elaboración de tubos con un diámetro mayor de 2.50 m., lo -- efectúan en el sitio en que se va a instalar, pero si no es posible, lo más conveniente es construirlos cerca de los bancos de material, que - por lo regular están cerca de las fábricas.

Describiré un proceso de fabricación, que generalizará a los 3 siste - mas. Sus pequeñas diferencias son exclusivas de la patente.

FABRICACION.-

Para explicar la fabricación, dividiré en tres fases.

- a) Tubo primario
- b) Tubo secundario
- c) Revestimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

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

*Los tubos primarios de diámetro menor a 2.50 m., son procesados - por centrifugación en moldes con posición horizontal constante.*

*El colado vertical por medio de la vibración es el procedimiento - normalmente adaptado para los tubos primarios de mayor diámetro.*

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

*a) Tubo primario. -*

*Es un molde de acero, que tiene en sus extremos piezas maquinadas para formar con toda precisión la espiga y la campana, se coloca - previamente el refuerzo longitudinal con alambres de 4 mm. de -- diámetro, estos alambres vienen enrollados, ahí los estiran y los cortan al tamaño del molde, después se cabecean, se colocan en pa res unidos por anclas de soleras, su pretensado es con pistolas - neumáticas hasta alcanzar una tensión de 115 a 130 Kg/mm<sup>2</sup>. , se ve rifican con tensómetro.*

*Se dejan ahogadas unas anclas para el acero circunferencial.*

Después, pasa al Rolado en Suspensión que consiste en el llenado interior de la tubería con concreto que alcanza una resistencia de  $530 \text{ Kg/cm}^2$ .

El tubo se fija en un extremo con una pared que hace girar al tubo, así se logra la compactación por centrifugación, y otra compactación se logra al golpear las paredes internas del tubo con la flecha.

El concreto con revenimiento cero sale por la banda transportadora poco a poco, después de que el concreto queda sometido a la acción centrífuga, a la vibración y a la acción de compactado a alta presión entre la flecha y la pared del molde, se produce un concreto extremadamente denso.

Este proceso dura aproximadamente dos horas, lo sacan de la roladora, lo dejan reposar otra hora y media, para después someterlo sin desmoldar a un primer curado de vapor con temperatura de  $55^\circ$  a  $65^\circ \text{ C}$ .

Aquí los tubos entran sobre rieles, la capacidad de estas cámaras de vapor es hasta de 6 tubos, se sacan después de 8 horas, ya que alcanzaron una resistencia mínima de  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , en el concreto, se aflojan los tornillos pretensadores del acero, y se desmolda pasando al departamento donde se tapan con mortero compactado los huecos que dejaron los tornillos pretensadores, y se le dá el per

*filado y acabado con la misma pasta, para superar cualquier pequeño detalle que pudiera haber quedado en la campana o en la espiga.*

*b) Tubo Secundario. -*

*Para no afectar las paredes, se carga el tubo con una grúa con su extremo en forma de herradura. Se coloca sobre los rieles y se somete a un segundo vapor durante 12 horas, donde alcanza una resistencia de  $350 \text{ Kg/cm}^2$ .*

*Se vuelven a resanar las despostilladuras con resinas epóxicas y terminando de resanar, se lleva a la máquina de pretensado circumferencial. El alambre que se usa para el armado transversal es de 6 mm., de diámetro.*

*Este alambre se tensa, antes de ser colocado, hasta alcanzar una resistencia de 250 a 300  $\text{Kg/cm}^2$ . Esta máquina hace que el tubo gire, y por un lado del tubo corre un aparato longitudinalmente que coloca el alambre a una separación que depende de la carga a la cual se quiera someter el tubo.*

*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.

*El circuito en el curso del cual el alambre recibe su tensión de un contrapeso es una peculiaridad del sistema de quien fabrique la tubería.*

*Ya que tiene el armado longitudinal y transversal, se somete a una presión hidrostática a 1½ veces la carga de trabajo, esta prueba se efectúa durante 3 minutos. En esta prueba no deben tener ni una grieta los tubos, en caso de existir, se resanan perfectamente y se someten a presiones menores para no desperdiciarlos.*

*Esta prueba tiene por objeto comprobar la resistencia del acero y del concreto, y la estanqueidad del tubo primario.*

c) 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 ha-*



bitualmente una cubierta mínima de 19 mm., por encima de las espaldas del zunchado.

Este espesor puede ser aumentado para incrementar la protección.

Después se le da un 3er. curado a vapor durante 8 horas y al salir de la cámara el tubo ya alcanzó una resistencia de  $400 \text{ Kg/cm}^2$ .

Aquí termina el proceso, a los 28 días el concreto ya alcanzó su resistencia arriba de los  $500 \text{ Kg/cm}^2$ .

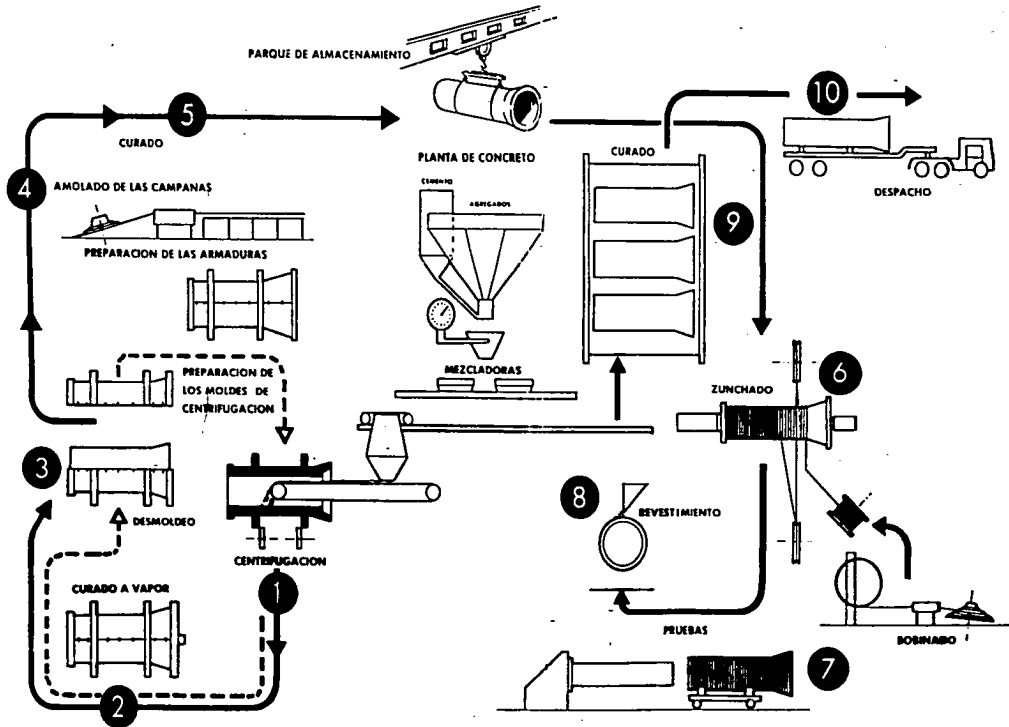
Anillo de Sello.-

El anillo de sello es un elastómetro 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 encajado sobre el extremo macho, es comprimido por deslizamiento en la campana o extremo hembra. Para permitir el deslizamiento, el enchufe se lubrica con jabón vegetal.

# ESQUEMA DE FABRICACION DE TUBOS DE CONCRETO PRESFORZADO



**FALTA DE ORIGEN**  
**CON**  
**PRESEN**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

II-2 GENERALIDADES DE LOS MATERIALES USADOS.-

*Cemento.-*

*El cemento normalmente utilizado es del tipo Portland, ordinario o de alta resistencia inicial.*

*En caso de riesgo de corrosión por las aguas y los terrenos sulfatados, se recomienda usar cemento Portland de baja alúmina (tipo V - norma mexicana).*

*Agregados.-*

*La arena empleada en la confección del concreto debe ser preferentemente silícea natural, pero arena procedente de molienda es utilizable.*

*La limpieza de la arena es esencial.*

*La grava, para el concreto primario, proviene de piedras duras (cantos rodados) o rocas trituradas. En este último caso, los elementos deben ser de forma regular, cumpliendo con todas las Normas Oficiales Mexicanas al respecto. La dimensión máxima de la grava varía con el espesor de la pared de los tubos primarios, las clases granulares frecuentemente utilizadas son 8-16 a 10-20 mm.*

*La gravilla para concreto de revestimiento proviene igualmente de piedras duras rodadas o trituradas; la dimensión máxima de los elementos*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

queda comprendida entre 6 y 8 mm.

*Composición y características de los concretos.-*

*El concreto primario se dosifica en general a 425 Kg. de cemento por metro cúbico, compuesto con el mínimo de arena compatible con la trabajabilidad necesaria para aplicarse.*

*El concreto de revestimiento se dosifica en general con 450 Kg. de cemento y se mezcla con un mínimo de agua para su aplicación por vibración de alta frecuencia.*

*La resistencia a la compresión (aplastamiento) usualmente obtenida es:*

*a los 7 días 400 Kg/cm<sup>2</sup>.*

*a los 28 días 500 Kg/cm<sup>2</sup>.*

*Acero de Pretensado.-*

*Los alambres de pretensado son de acero de alto contenido de carbono, tratados para alcanzar gran resistencia mecánica.*

*En la fabricación del tubo se utilizan normalmente:*

*- Para el pretensado longitudinal: alambres lisos o ligeramente ---*

**TESIS CON  
CALLE DE ORIGEN**

*entallados de diámetros de 5 a 8 mm.*

- *Para el zunchado: alambres lisos de diámetro de 4 a 9 mm.*

*La resistencia a la ruptura es generalmente alrededor de 160 --  
Kg/mm<sup>2</sup>.*

T E M A III

III P I E Z A S E S P E C I A L E S

Las piezas especiales son los elementos que dentro de una línea de conducción, nos permiten darle continuidad, así como tener las preparaciones para la colocación de los dispositivos de seguridad y operación que se requieren para un buen funcionamiento.

Las fábricas de tubos de concreto pretensado están en posibilidades de fabricar cualquier tipo de pieza que se requiera, tanto en forma, diámetro y presión, como en dimensiones.

Cabe señalar que, como dichas piezas no son fabricadas en serie, es necesario tener la previsión de realizar los estudios necesarios, tanto topográficos como hidráulicos, que permitan definir las mismas en su oportunidad, para no retrasar la obra por la falta de ellas.

Las piezas especiales más comunes son: Tubos cortos, codos, registros de inspección, "tes", "yes", desfuegos y adaptadores para conexiones a tubería de acero o a extremos bridados, y las combinaciones que entre las mismas se requieran.

Las características de resistencia de las piezas especiales, son muy amplias, ya que los elementos que intervienen en su fabricación son calculados para que soporten cualquier presión que las necesidades demanden, por alta que ésta sea, como se indicó.

Todas las piezas están constituidas con alma de chapa de acero cuyo espesor se calcula de acuerdo con las presiones de trabajo a que va a estar sometida; esta chapa de acero se trabaja en forma manual y todas las soldaduras que se ejecutan, son probadas al queroseno.

Posteriormente se protege el acero con un recubrimiento de concreto tanto interior, como exterior, el recubrimiento exterior lleva un refuerzo de acero consistente en espiras y generatrices, calculadas para resistir las cargas exteriores.

Se recomienda tener una estrecha comunicación entre el proyectista y el fabricante, con el objeto de poder definir las piezas especiales requeridas con la debida anticipación, y de esta forma lograr un avance continuo en las obras.

Existen diferentes tipos de piezas especiales.

### III-1

#### a) Codos.-

Son piezas utilizadas para tomar deflexiones requeridas por el proyecto. Los codos pueden utilizarse tanto para deflexiones horizontales como verticales, siempre y cuando el ángulo de deflexión en uno de los ejes no sea demasiado grande.

Para ahorrar costo, es recomendable tratar de utilizar los puntos-abiertos permisibles en tubería para dar deflexiones verticales.

La longitud útil nos ayuda en el proyecto para saber cuanta tubería se va a usar.

Para calcular la dimensión útil de un codo, para diferentes diámetros y grado de curvatura. Las extremidades son del tipo E y C, se procede de la siguiente manera:

- \* Longitud de la parte curva; depende de dos factores:  
El radio de curvatura, según el diámetro de la conducción--  
y la amplitud del ángulo al centro ( $\alpha$ ).
- \* Longitud de las partes rectas; depende de las dimensiones--  
de los diámetros considerados.

La suma de estas longitudes, nos da la longitud útil de la pieza, pero existe un factor importante, que hay que considerar en el caso de los codos.

La longitud útil deberá ser igual ó mayor a tres cuartas partes - del diámetro interior.

Este valor límite se ha fijado por experiencia al instalar la --- unión del tubo con la pieza curva y nos indica que es necesario - agregar un incremento a las partes rectas del codo, para alcanzar la longitud útil.

Cuando se trata de diámetros grandes deberá evitarse el uso de ángulos de gran curvatura.



**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

**PIEZAS ESPECIALES DE ACERO SOLDADO CON DOBLE RECUBRIMIENTO DE CONCRETO ARMADO**

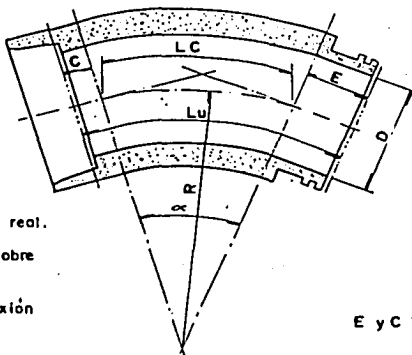
**CODOS**

con juntas E y C

Sellamiento con anillo tórico de hule

**NOTAS :**

- En los  $\varnothing$  2100 a 2500, las piezas con deflexión de hasta  $11^\circ$ , se aumentará una parte recta de 70 mm. en E y C.
- Cualquier deflexión puede fabricarse sobre pedido.



D: Diámetro interior real.

R: Radio de curva sobre el eje

$\alpha$ : Angulo de deflexión en grados

LC: Longitud de la parte curvo sobre el eje

E y C : Longitud de las partes rectas

Lu: Longitud útil

**DIMENSIONES EN MILIMETROS**

| D               | 920  |      | 1020 |      | 1220 |      | 1400 |      | 1520 |      | 1820 |      | 2100 |      | 2300 |      | 2500 |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R               | 1100 |      | 1200 |      | 1400 |      | 1600 |      | 1700 |      | 2000 |      | 2350 |      | 2600 |      | 2800 |      |
| Long. $\alpha$  | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   | LC   | Lu   |
| 2°15'           | 43   | 317  | 47   | 321  | 55   | 315  | 63   | 323  | 67   | 317  | 79   | 425  | 232  | 382  | 242  | 422  | 250  | 430  |
| 4°30'           | 86   | 360  | 94   | 368  | 110  | 370  | 126  | 386  | 134  | 384  | 157  | 503  | 325  | 475  | 344  | 524  | 360  | 540  |
| 11°15'          | 216  | 490  | 235  | 509  | 275  | 535  | 314  | 574  | 334  | 584  | 393  | 739  | 461  | 611  | 511  | 691  | 550  | 730  |
| 22°30'          | 432  | 706  | 470  | 744  | 549  | 809  | 628  | 888  | 668  | 918  | 785  | 1131 | 923  | 1073 | 1022 | 1202 | 1100 | 1280 |
| 45°             | 864  | 1138 | 941  | 1215 | 1098 | 1358 | 1256 | 1516 | 1337 | 1587 | 1571 | 1917 | 1845 | 1995 | 2043 | 2223 | 2201 | 2381 |
| 90°             | 1728 | 2002 | 1881 | 2155 | 2196 | 2456 | 2511 | 2771 | 2673 | 2923 | 3141 | 3487 |      |      |      |      |      |      |
| C               | 69   |      | 69   |      | 55   |      | 55   |      | 45   |      | 91   |      | 15   |      | 20   |      | 20   |      |
| E               | 205  |      | 205  |      | 205  |      | 205  |      | 205  |      | 255  |      | 135  |      | 160  |      | 160  |      |
| Longitud por 1° | 19.2 |      | 20.9 |      | 24.4 |      | 27.9 |      | 29.7 |      | 34.9 |      | 41.0 |      | 45.4 |      | 48.9 |      |

III-2

b) *Otras piezas especiales son las tees o tubos cortos con salidas radiales o tangenciales, sus aplicaciones son en derivaciones, registros, desagües y válvulas de aire.*

- 1.- *La derivación es un tubo corto con salida radial, cuya colocación es sobre el eje horizontal, y sirve para alimentar una red de agua potable con otra tubería de menor diámetro conectada a su vez, con otra red.*
- 2.- *Registro, es también un tubo corto con salida radial, pero siempre la salida es de 20"  $\phi$  o 24"  $\phi$  y sirve para dar acceso a un hombre al interior de la tubería, para efectuar una revisión en el caso de que se requiera.*
- 3.- *Desagüe, tiene la salida tangencial y sirve para desalojar el agua de una tubería, y deberá ser instalado en el lugar más bajo de la línea.*
- 4.- *Válvula de aire, tiene la salida radial y sirve de base para colocar una válvula de expulsión de aire, se debe colocar en el punto más alto de la línea, y con pendiente igual a cero.*

*Las derivaciones y los desagües, debido a que son colocados en el plano horizontal, pueden ser izquierdos o derechos (tomando como referencia el sentido de la instalación de la tubería).*

*Los registros y las válvulas de aire, siempre se colocan con las sa-*

lidas en el plano vertical y hacia arriba. Las medidas usuales para las salidas son: 2"  $\phi$ , 4"  $\phi$ , 6"  $\phi$ , 8"  $\phi$ , 10"  $\phi$ , 12"  $\phi$ , 20"  $\phi$  y 24"  $\phi$ .

La distancia que deberá haber entre cada registro, dependerá del diámetro de la tubería que se esté instalando; teniendo en cuenta lo impráctico que resulta viajar a través de tubos de diámetro "pequeño" por lo que en este caso los registros no deberán estar muy alejados entre sí. Por el contrario para tubería cuyo diámetro permite a -- una persona desplazarse con facilidad en el interior de la misma, -- los registros podrán estar separados a una distancia considerablemente mayor.

III-3

c) Reducciones.-

Sirven para cambiar el diámetro de la tubería ya sea disminuyéndola o aumentándola. Son en forma de conos, pero en el centro tienen una parte recta.

III-4

d) Adaptadores.-

Los adaptadores son piezas especiales que sirven para hacer conexiones dentro de la línea de tubería. Se utilizan para colocación de -- otro tipo de piezas con válvulas, tuberías de acero, juntas Dresser, conexiones con otro tipo de tubería, etc.

III-5

e) Cierres.-

Los cierres son un conjunto de piezas utilizadas para unir dos extremos de línea, en los que no hubo continuidad.

El cierre es la pieza especial, que más condiciones necesita en la obra para su instalación, ya que normalmente exige que los tubos, anterior y posterior sean colineales, es decir, que los ejes horizontal y vertical coincidan. El cierre dentro de las obras, es la pieza que menos justificación tiene para su utilización, y es el último recurso del que se debe disponer para facilitar el desarrollo de la obra.

III-6

f) Tubos cortos.-

Es un tubo normal, pero de longitud variable y menor a la estándar del tubo.

Sirven para acercarse o llegar a puntos obligados de deflexión o de situación de otra pieza. También se utilizan en cierres cuando la longitud dejada entre tubos es excesiva. Su costo es relativamente mayor al precio de tubería estándar.

Dentro de las piezas especiales es importante señalar que, a diferencia del tubo normal ( con espiga y campana), las piezas cuentan con el recurso de otros dos tipos de terminales, la brida y el extremo liso.

*En todas las piezas especiales, se pueden utilizar cualquiera de las combinaciones de los cuatro tipos de terminales existentes por ejemplo: adaptadores espiga por extremo liso, campana por brida, campana por extremo liso, etc.*

*La terminal brida se debe usar exclusivamente para la unión a válvulas o tapas ciegas.*

*La terminal extremo liso, se utiliza para la unión a juntas mecánicas, y a cierres.*

*El supervisor debe conocer el lenguaje y el nombre exacto utilizado para las piezas especiales, ya que es él, en la mayoría de los casos, el que solicitará directa o indirectamente las piezas al proveedor.*

1.- Nombre de la pieza.

2.- Diámetro en metros o centímetros, y entre paréntesis en pulgadas.

3.- Terminales con su abreviación.

Espiga = E

Campana = C

Brida = B o Br

Extremo liso = Ext. L. o E.L.

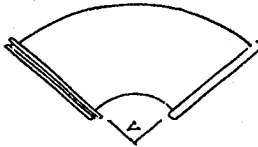
4.- Deflexión en el caso de los codos.

- 5.- Tipo de salida en el caso de derivación, registro o válvula. Indi-  
cando si es bridada o roscada, tangencial o radial, indicar si es de  
recha o izquierda. Si tiene dos salidas, indicar primero la mayor.
- 6.- La longitud aprovechable en el caso de los tubos cortos.
- 7.- En el caso de reducciones, indicar primero el diámetro mayor, segui-  
do del tipo de terminal, y después el diámetro menor también con su-  
terminal, además se debe señalar si se requiere anclaje.
- 8.- En el caso de los cierres, es conveniente señalar si es o no un cie-  
rre normal ( en caso de que no sean colineales).

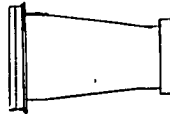
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PIEZAS ESPECIALES

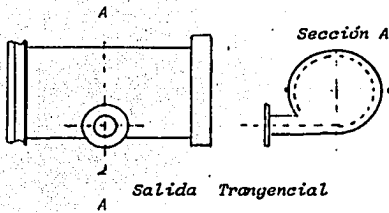
CODO



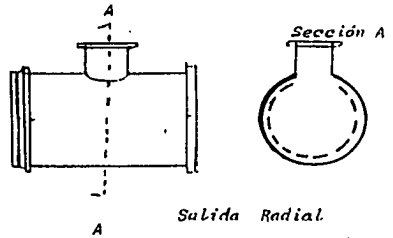
REDUCCION



DESAGUE



REGISTRO



CIERRE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E M A I V  
H I D R A U L I C A  
C A L C U L O D E C O N D U C C I O N E S

IV-1.- GENERALIDADES.-

Las investigaciones experimentales y las observaciones en numerosas conducciones en servicio, nos indican que las fórmulas que más se adaptan al cálculo hidráulico de los tubos fabricados según las modernas técnicas son las de Colebrook, Williams & Hazen, Scobey y Manning.

Como una observación, hacemos notar que todas las fórmulas que se enuncian, corresponden en su aplicación a conducciones para agua bastante rectilíneas, con un número de codos normal.

Debemos recordar esta particularidad al aplicarlas, ya que si la conducción tiene un número de codos excesivo, debemos adicionar a la pérdida de carga obtenida con las fórmulas, la correspondiente a los codos.

IV-2.- FORMULAS

IV-2-1

a) Fórmula de Colebrook

Se escribe:

$$J = \lambda \frac{V^2}{2gD}$$



en la que:

$J$  = Pérdida de carga en m/m de conducción.

$V$  = Velocidad del agua en m/seg.

$g$  = Aceleración de la gravedad ( 9.81 m/seg<sup>2</sup>.)

$D$  = Diámetro de la conducción.

$\lambda$  = Coeficiente obtenido por la fórmula:

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \text{ Log.} \left( \frac{K}{3.7D} + \frac{2.51 \nu}{VD \sqrt{\lambda}} \right)$$

donde:

$K$  = Altura de las rugosidades de la pared interior en m.

$\nu$  = Viscosidad cinemática del agua en M<sup>2</sup>/seg. (1.24 x 10<sup>-6</sup> en agua a 12° C).

Esta fórmula, relativamente moderna es de origen teórico y experimental y recopila las observaciones sobre pérdidas de carga obtenidas -- primero por Nicuradse y luego por Von Karman.

Es muy aceptada por su característica universal, ya que la altura de las rugosidades interiores del tubo,  $K$  es una medida geométrica independiente de la naturaleza física de la pared. Además, es relativamente sencillo medir los valores de  $K$  para diferentes paredes a fin de obtener la ley de pérdida de carga correspondiente.

En realidad, se ha comprobado que los valores de  $K$  obtenidos directamente por medición sobre las paredes de los tubos, no concordaban con los valores de  $K$  que se introducían en las fórmulas para verificar las pérdidas de carga experimentalmente sobre conducciones en servicio.

La experiencia nos ha mostrado que los tubos de concreto fabricados con las técnicas modernas, deberán darnos un valor  $K = 0.0001$  m.

IV-2-2-Fórmula de Hasen & Williams.-

Utilizada para tuberías de diferentes materiales, se presenta en -  
el sistema métrico decimal bajo la fórmula:

$$V = 0.85 C.R. \quad 0.63 \quad S \quad 0.54$$

En la que:

V = Velocidad del agua en m/seg.

C = Coeficiente que depende del material de la pared interior -  
del tubo, de la velocidad del agua y del diámetro.

R = Radio hidráulico del tubo en m. o sea, el cociente de divi -  
dir el área interior, entre el perímetro mojado.

S = Pérdida de carga en metros de columna de agua, por metro de  
conducción.

Establecida en 1905, ha dado lugar a numerosas confrontaciones ex-  
perimentales del coeficiente "C".

En 1963 se efectuó un debate sobre el valor de dicho coeficiente,-  
observándose en 70 conductos, cerca de 300 lecturas de las pérdidas de -  
carga.

Los resultados de esta confrontación permitieron concluir que es -  
posible dar un valor a "C", para tubos de concreto, igual a: 145.

IV-2-3-Fórmula de Scobey.-

Se emplea específicamente para tubos con paredes de concreto; se -  
escribe:

$$V = C.D. \quad 0.625 \quad S \quad 0.50$$

En la que:

$V$  = Velocidad del agua en m./seg.

$C$  = Coeficiente numérico.

$D$  = Diámetro de la conducción en m.

$S$  = Pérdida de carga en m/m. de la conducción.

Propuesta en 1920 después de observaciones hechas sobre 31 conducciones en las que los diámetros variaban de 200 mm. a 3 m., y las longitudes de 55 m. a 3 500 m., se asignó a "C" un valor bajo, por la influencia de las conducciones antiguas observadas y que fueron fabricadas siguiendo una técnica somera.

La confrontación de 1963, con los resultados experimentales concernientes a tubos de fabricación moderna, muy semejantes a los fabricados actualmente por los fabricantes, permite otorgar a "C", el valor de 37.

#### IV-2-4- Fórmula de Manning.-

Esta fórmula es muy empleada en México y también se conoce como "Fórmula Strickler". Se emplea sobre todo en las instalaciones hidroeléctricas; "Electricite de France", la emplea incluso a veces para las grandes conducciones de circulación de agua de las centrales térmicas.

Se presenta bajo la forma:

$$V = I/n R^{2/3} S^{1/2}$$

En la que:

$V$  = Velocidad del agua en m/seg.

$n$  = Coeficiente de rugosidad.

$R$  = Radio hidráulico de la conducción en metros; que corresponde --

al cociente de dividir el drea interior, entre el perímetro --  
mojado.

$S$  = Pérdida de carga en metros de columna de agua, por metro de-  
conducción.

$$S = \frac{hf}{L} = \frac{\text{Pérdidas de cargas por fricción}}{\text{Longitud}}$$

La fórmula de Manning, en la práctica, se acostumbra utilizarla-  
de la siguiente manera.

Para desarrollarla, nos apoyamos en la fórmula de continuidad.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$V$  = Velocidad en m/seg.  
 $Q$  = Gasto  $m^3$ /seg.  
 $A$  = Area  $m^2$ .

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D^2/4}{D} = \frac{D}{4}$$

$$\frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{1}{N} \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3} \left( \frac{hf}{L} \right)^{1/2}$$

$$\left( \frac{4Qn}{(\pi D^2)} \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3} \right)^2 = hf$$

$$\frac{4^{10/3} Q^2 N^2 L}{\pi^2 D^{16/3}} = hf$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$hf = \frac{10.293 n^2}{D^{16/3}} LQ^2$$

cte

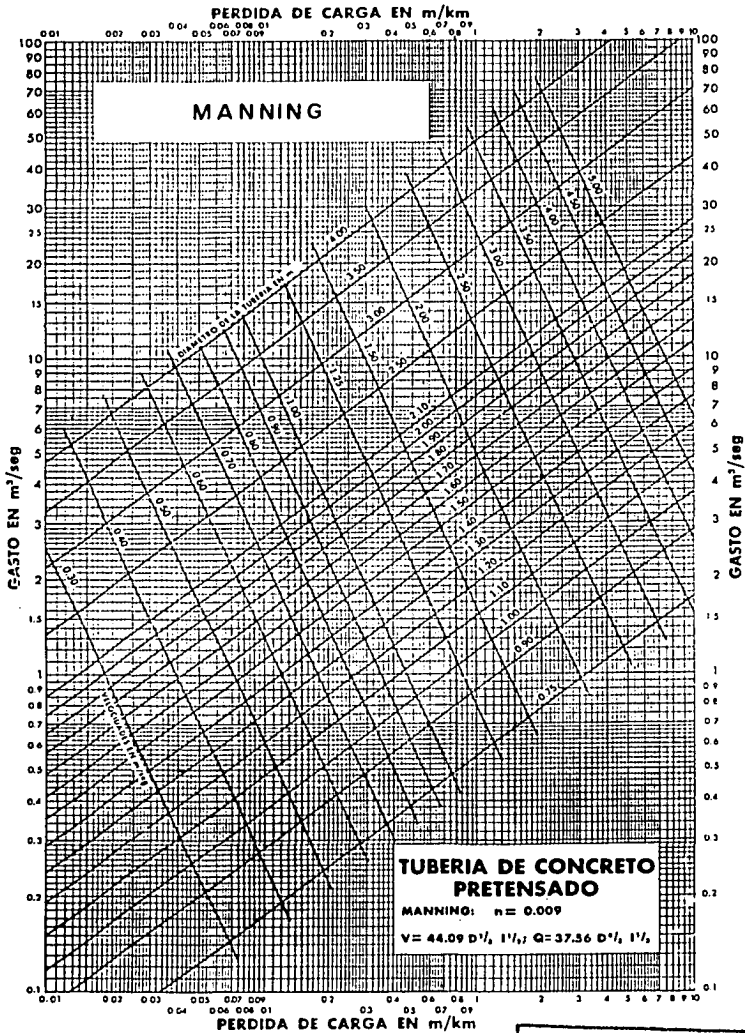
cte = K

$$K = \frac{10.293 n^2}{D^{16/3}}$$

$$hf = KLQ^2$$

A partir de 1960, en la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, entró en vigor la fórmula de Manning; dada su aproximación en el resultado con las otras fórmulas, se está tratando de implantar su uso al 100%, ya que facilita los cálculos.

Las fábricas de tubos de concreto presforzado opinan que, un coeficiente  $n = 0.009$  es suficiente para los cálculos en líneas de conducción, por su sistema de fabricación, que es centrifugado; pero las Normas Oficiales Mexicanas nos obligan a calcular la fórmula de Manning con un coeficiente para el concreto liso de  $n = 0.010$ .



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

IV-3 PERDIDAS DE CARGA EN PIEZAS ESPECIALES.-

Las fórmulas de pérdidas de carga que mencioné, suponen que las -- conducciones a las que van a aplicarse, tienen un número de codos normal.

Si deseamos calcular la pérdida de carga producida por codos, cuando éstos son excesivos en una conducción, damos a continuación la fórmula para ello:

Partimos de la siguiente expresión obtenida por experiencias:

$$h = \frac{K v^2}{2g} \text{ en la que:}$$

$h$  = pérdida de carga en m/m.

$K$  = Coeficiente numérico.

$v$  = Velocidad del agua en m/seg.

$g$  = Aceleración de la gravedad = 9.81 m/seg<sup>2</sup>.

IV-3-1-Codos:

El valor de "K" que debe aplicarse en la fórmula, según Fortier es:

$$K = \left[ 0.13 + 1.8 \left( \frac{D}{2R} \right)^{7/3} \right] \frac{A}{90^\circ} = K' \frac{A}{90^\circ} \text{ en la que:}$$

$D$  = Diámetro interior de la conducción en m.

$R$  = Radio de curvatura en el eje del codo en m.

$A$  = Angulo del codo en grados C.

La tabla siguiente nos da el valor de  $K'$  para las piezas especiales

|           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $R_{mm.}$ | 750   | 900   | 1000  | 1100  | 1200  | 1400  | 1500  | 1600  | 1800  | 2000  | 2100  |
| $K'$      | 0.156 | 0.180 | 0.168 | 0.183 | 0.202 | 0.175 | 0.188 | 0.202 | 0.240 | 0.202 | 0.216 |

Para los diferentes valores de  $K'$ , de acuerdo con los diámetros y los tipos más usuales de codo, se elaboró la gráfica de pérdidas de carga en éstos, tomando como base la velocidad de conducción del agua.

Ejemplo de uso de la gráfica:

- \* Diámetro de la conducción :  $D = 1\ 800\ \text{mm}$ .
- \* El valor de  $K'$  para los codos en esta conducción, según el cuadro es : 240
- \* Angulo de desviación :  $A = 22^\circ\ 30'$
- \* Velocidad del agua:  $V = 2.5\ \text{m/seg}$ .
- \* En el cruce de la diagonal que corresponde a:  $V = 2.5\ \text{m/seg}$  - con la vertical de  $22^\circ 30'$ , trazamos una horizontal hasta encontrar a la derecha, la escala de valores de pérdidas de carga correspondiente a :  $K' = 240$  y obtenemos el valor de:  
 $AP = 0.0196\ \text{m}$ .



### PERDIDAS DE CARGA EN CODOS

$\Delta P$ = Pérdida de carga en m.

K= Coeficiente numérico.

V= Velocidad del agua en m/seg.

G= Aceleración de la gravedad= 9.81 m/seg.<sup>2</sup>

D= Diámetro interior de la conducción en m.

R= Radio de Curvatura del eje del codo en m.

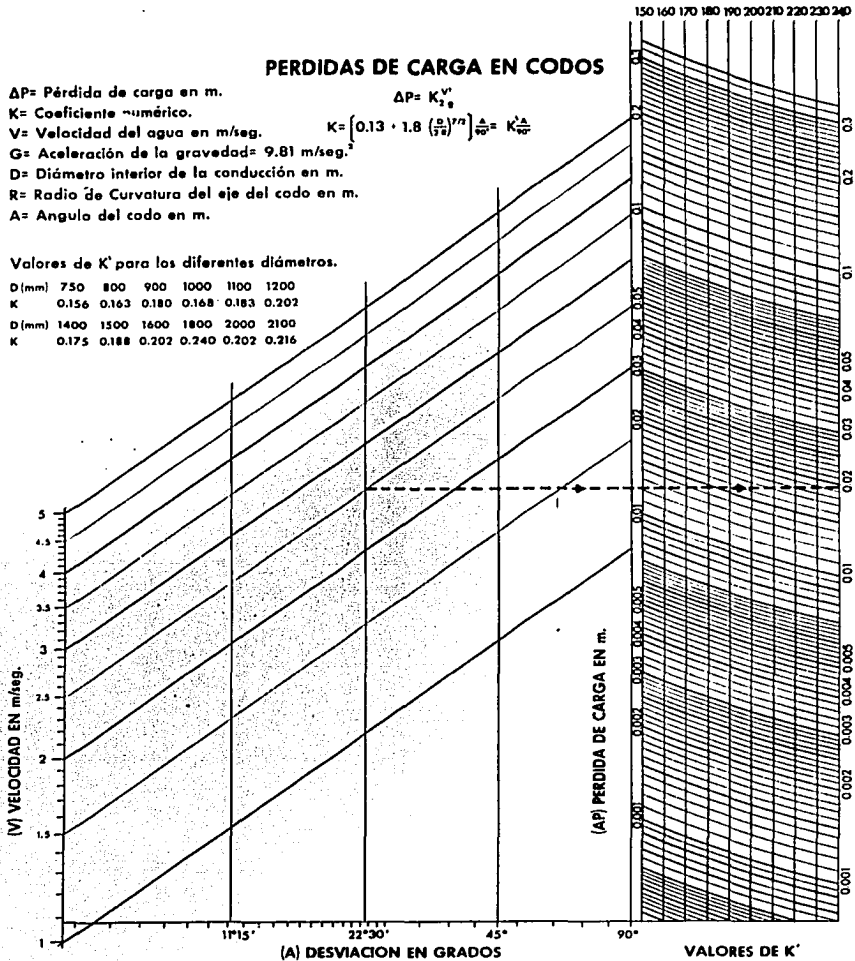
A= Angulo del codo en m.

$$\Delta P = K \frac{V^3}{g}$$

$$K = \left[ 0.13 + 1.8 \left( \frac{R}{D} \right)^{1.75} \right] \frac{1}{D^5}$$

Valores de K' para los diferentes diámetros.

|        |       |       |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| D (mm) | 750   | 800   | 900   | 1000  | 1100  | 1200  |
| K      | 0.156 | 0.163 | 0.180 | 0.168 | 0.183 | 0.202 |
| D (mm) | 1400  | 1500  | 1600  | 1800  | 2000  | 2100  |
| K      | 0.175 | 0.188 | 0.202 | 0.240 | 0.202 | 0.216 |



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

IV-3-2- PÉRDIDA DE CARGA EN CONEXIONES.-

Otras de las piezas especiales que con frecuencia se tienen que ---  
calcular, son las válvulas de agua.

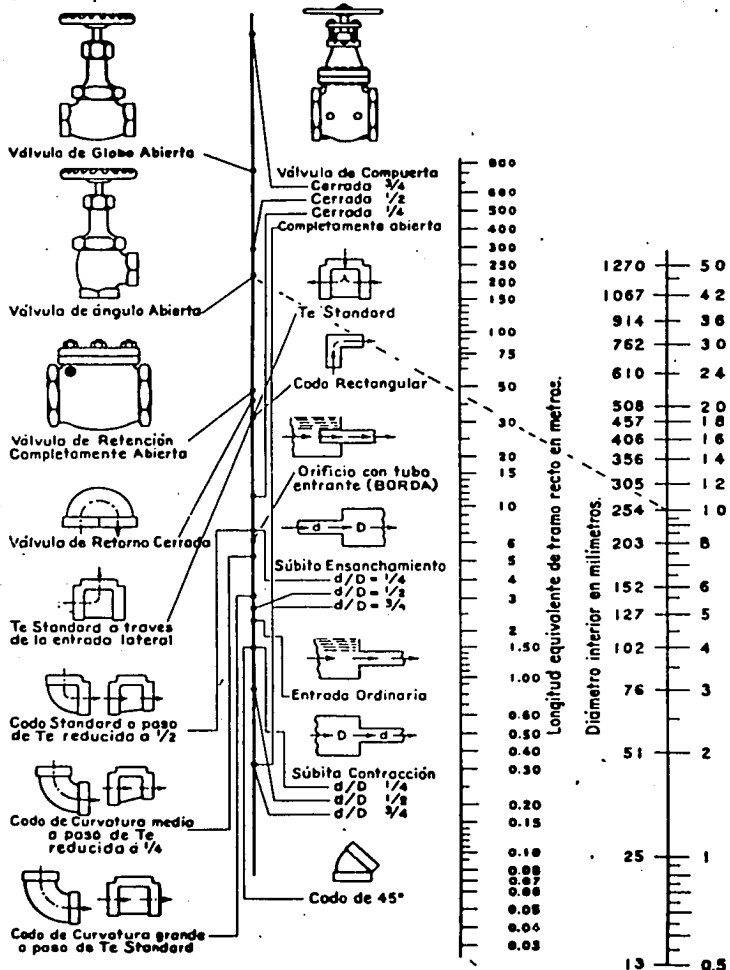
En la hoja posterior, se encuentra una gráfica que nos ayuda a calcu-  
lar las pérdidas de carga que sufre la línea de conducción al utilizar -  
conexiones o válvulas.

La manera de utilizarla, es la siguiente:

En la columna de la derecha, ponemos un punto en el diámetro que es-  
tamos utilizando, después un punto en la columna de la izquierda según -  
el accesorio que necesitamos.

El siguiente paso, es unirlos con una línea recta. La intersección-  
de esta recta con la columna del centro, nos da la equivalente de un -  
tramo recto en metros, del mismo diámetro de tubería que estamos usan-  
do.

Después, con la fórmula de Manning, y la longitud obtenida, podemos-  
obtener la pérdida de carga en conexiones.



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

T E M A V

I N S T A L A C I O N

V-1- GENERALIDADES

*El buen funcionamiento de una línea de conducción depende, en gran medida, del correcto planteamiento del proyecto y de las soluciones tomadas que al mismo se le den.*

*Refiriéndonos a la instalación de la tubería, los aspectos que más convienen destacar son:*

- 1.- El tipo de plantilla y la uniformidad de la misma, para el soporte de la tubería en la sanja.*
- 2.- La altura del relleno, tanto la mínima para lograr una protección adecuada, como la máxima que puede soportar en función de la clase de tubo.*
- 3.- El ancho de la sanja, pues de ello también dependerá la carga que se transmita al tubo.*
- 4.- Las cargas de impacto, que, en un momento dado, tengan que soportar las tuberías.*

*Es necesario tomar en cuenta los puntos anteriores ya que el mejor proyecto, con el mejor tubo, resultará un fracaso si la instalación está mal hecha.*

V-2- ESTUDIOS PRELIMINARES.-

*Examínese cuidadosamente el proyecto, sus documentos esenciales --- para la puesta en obra del tubo son:*

- *El trazo topográfico en planta.*
- *El perfil topográfico de la línea (que define el trazo en el plano vertical del "hilo del agua", o generatriz inferior del cilindro interior del tubo).*

*Este proyecto debe materializarse sobre el terreno por:*

- *Estacas en los vértices de la poligonal del trazo, que deben ser nivelados frecuentemente para ser utilizadas como referencias.*
- *Un estacado paralelo, o sea, fuera del eje de la tubería para que no sea afectado ni por la terracería excavada ni por la circulación a lo largo de la línea.*

*Tomando el estacado por referencia, el proyecto ha de definir perfectamente:*

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

- 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.
- ° La clase de tubos.
- ° Los tubos especiales, señalando las piezas necesarias.

### V-3- ORGANIZACION GENERAL DE LOS TRABAJOS.-

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 de su instalación; por eso, hay que prever cuidadosamente:

- ° Las voladuras de rocas.
- °
- ° Las obras a construir previamente.
- ° Las cajas de válvulas.

Cruces (corrientes de agua, caminos, vías férreas...)

° *Las obras a construir después de la instalación.*

° *Atraques, anclajes, ...*

° *Pequeñas cajas de desfogue.*

*Estas disposiciones son válidas para cualquier tipo de conducción, pero los acueductos de concreto pretensado exigen:*

- *Dirección del avance de colocación.*

- *Relleno de la tubería.*

*Por eso, los puntos de partida del tendido deben ser elegidos para permitir:*

- *El tendido ascendente.*

- *El llenado progresivo de la tubería una vez colocada.*

*La colocación y el conjunto de los trabajos deben ser organizados en función de:*

- *Las pendientes del terreno.*

- *Los puntos de aprovisionamiento de agua.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Documentación de Obra.-*

*El dueño de la obra debe recibir, al término de los trabajos, un perfil demostrativo señalando el emplazamiento de los tubos y piezas especiales debidamente numeradas.*

*Los reportes diarios de la obra deben consignar:*

- Las instrucciones recibidas.*
- El avance de los diversos trabajos.*
- Los incidentes que afecten la ejecución.*
- Las recepciones por tramos.*

*V-4- PASOS PARA LA INSTALACION*

*V-4-1) TRANSPORTE, CARGA Y DESCARGA.-*

*Los tubos se llevan al lugar de utilización en camiones dotados de medios autónomos de descarga (malacates y poleas). El tubo ha de apoyar se sobre dos traviesas de madera cortadas en forma de arco para soportar lo. Cada tubo debe quedar atrancado transversal y axialmente.*

*La descarga se hace generalmente con grúas, asegurándose por cinchos o eslinges de cable grueso, colocados por el exterior, nunca a --*



través del tubo. No deben usarse ganchos para tomar el tubo por los -- extremos, pues lastiman las superficies que formarán las juntas. Se colocan los tubos en una línea próxima y paralela a su posición final, con la campana en la dirección del montaje, dejando un espacio de 30 a 50 - centímetros entre tubo y tubo. En un momento dado, se pueden utilizar - montacargas de uñas, tractor de pluma lateral o rampas y cabrestante pa - ra descargar el tubo.

Si es imposible montar la línea de inmediato, el tubo se almacena - evitando que se dañen las caras de la junta o el barril.

La campana y la espiga han de quedar libres de carga y sin apoyar - en el terreno, por eso, el tubo deberá calzarse en el barril.

V-4-2) Excavación y Preparación de la Plantilla.-

Debe excavarse con la mayor precisión en lo que respecta a alineaa- miento, ancho y pendiente, dando el acabado final a mano.

Las zanjas deberán conservar la anchura del proyecto:

- Suficiente para permitir la compactación del relleno del acuña--- miento.

- Justamente suficiente para no incrementar la carga del relleno - sobre el tubo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Normalmente, un ancho de zanja igual al diámetro exterior más 60 centímetros, será suficiente para satisfacer ambos requerimientos.*

*La profundidad de la excavación queda impuesta por el perfil de la línea asegurando una cobertura mínima sobre el tubo.*

*Deberá también ser suficiente para dar espacio a la plantilla y el colchón, según el diámetro del tubo.*

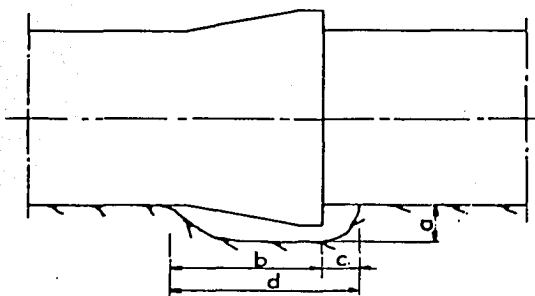
*La sobreprofundidad es para alojar las campanas y permitir que todos los tubos apoyen toda la longitud del barril en la plantilla.*

*Los salientes duros, concentran esfuerzos, las lentes suaves podrían dejar al tubo sin asiento; estráiganse y sustitúyanse por material de buena calidad, compactándolo correctamente.*

*El fondo de la zanja lista para la colocación del tubo presentará una superficie plana, alineada con la cota del proyecto y descontinuando para dar cabida a:*

- *Una concha o pequeña sobreexcavación en el lugar de cada junta para permitir el enchufe, alojando las campanas o hembras del tubo.*

**CONCHAS PARA ENCHUFE**



Dimensiones aproximadas

| DN          | a     | b     | c     | d     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 900         | (cm.) | (cm.) | (cm.) | (cm.) |
| 1000        | 25    | 100   | 20    | 120   |
| 1200 - 1400 | 27    | 115   | 20    | 135   |
| 1500        | 29    | 120   | 25    | 145   |
| 1800        | 31    | 130   | 25    | 155   |
| 2100        | 34    | 140   | 30    | 170   |
| 2300        | 34    | 140   | 30    | 170   |
| 2500        | 34    | 140   | 30    | 170   |

| Diámetro nominal mm. | Diámetro exterior cuerpo del tubo cm. | Ancho nominal de zanja cm. |
|----------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 900                  | 109                                   | 169                        |
| 1000                 | 120                                   | 180                        |
| 1200                 | 141                                   | 201                        |
| 1400                 | 163                                   | 223                        |
| 1500                 | 174                                   | 234                        |
| 1800                 | 207                                   | 267                        |
| 2100                 | 240                                   | 300                        |
| 2300                 | 264                                   | 334                        |
| 2500                 | 286                                   | 356                        |

- Un hueco para retirar los cables o eslingas de colocación.

La zanja abierta debe ser protegida contra la inundación de aguas - corrientes por:

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

En los terrenos saturados de agua, la zanja no debe excavarse sino - justamente antes de la instalación del tubo. Cuando la línea está en - pendiente, hay que prevenir condiciones detrimentales que afectan peli - groosamente la cama de apoyo y el relleno de acostillado.

La excavación y la cama de apoyo dependen del tipo de terreno en - que se efectúan:

- a) Terreno homogéneo de buena capacidad de carga en tierra granular no coherente pero firme. La excavación en este tipo de terreno - se realiza, a profundidad, lo más cercano de la cota del fondo de

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

la zanja; simplemente se compacta y se afina para que sirva de cama de apoyo.

- b) Terreno homogéneo bastante bueno para carga. La excavación se realiza con una profundidad extra de 10 cms. aproximadamente, la cama de apoyo estará constituida por el material suelto o granular cuidadosamente compactado y emparejado. Este material clasificado procederá de la excavación, ó de fuente ajena si lo excava- do no lo proporciona en cantidad suficiente.
- c) Terreno Rocoso. La excavación se ejecuta con una sobre profundi- dad entre 15 y 20 cms. La cama de apoyo podrá estar constituida de piedra triturada o grava, pero la dimensión máxima estará de - acuerdo con lo descrito anteriormente.
- d) Terreno poco resistente con capacidad de carga mediocre. La exca- vación se realiza con una sobre profundidad mínima de 10 cms., la cama de apoyo deberá ser formada con material duro con gravilla y piedra triturada, pero de acuerdo con las dimensiones máximas es- tipuladas y usando granulometría continua de preferencia.
- e) Terreno blando coherente, con débil capacidad de carga. La exca- vación se deberá ejecutar con una sobre profundidad de 30 a 50 - cms. y la cama de apoyo estará constituida con material duro en - superficie continua uniforme.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para evitar que el terreno blando se remonte, colándose entre los elementos de la cama, el material duro será de granulometría, sensiblemente continua con dimensión máxima, según lo especificado anteriormente.

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

V-4-3- COLOCACION.- Condiciones normales.

Generalmente, los tubos se bajan a la sanja por:

- Grúa.
- Tractor con pluma lateral.
- Grúa de pórtico.
- Por medio de un cable acondicionado en la pluma de una retroexcavadora.

El tubo se asegura con cinchos o eslingas presforzadas de cable ancho, dependiendo del peso de éste, para no maltratar el recubrimiento. El gancho de levantamiento es simétrico doble.

Normalmente, el extremo "macho" del tubo se introduce en la campana (enchufe) del tubo colocado anteriormente, pero el proceso inverso es posible. Los empaques, la ranura de la espiga y la campana, tienen que estar completamente limpios y ser cuidadosamente inspeccionados respecto a cortaduras o defectos.

Al hacer la unión, manténgase el tubo suspendido ligeramente arriba de la superficie de la plantilla, para que el material granular de ésta - no se altere.

A) Instalación con Grúa.

Se recomienda usar Draga o Grúa de Arrastre cuando el diámetro del tubo por instalar es grande y se tiene espacio suficiente en el frente de instalación. Un acceso por donde transitará la grúa entre la cepa y el tendido de la tubería, nos dará un mayor rendimiento en la instalación.

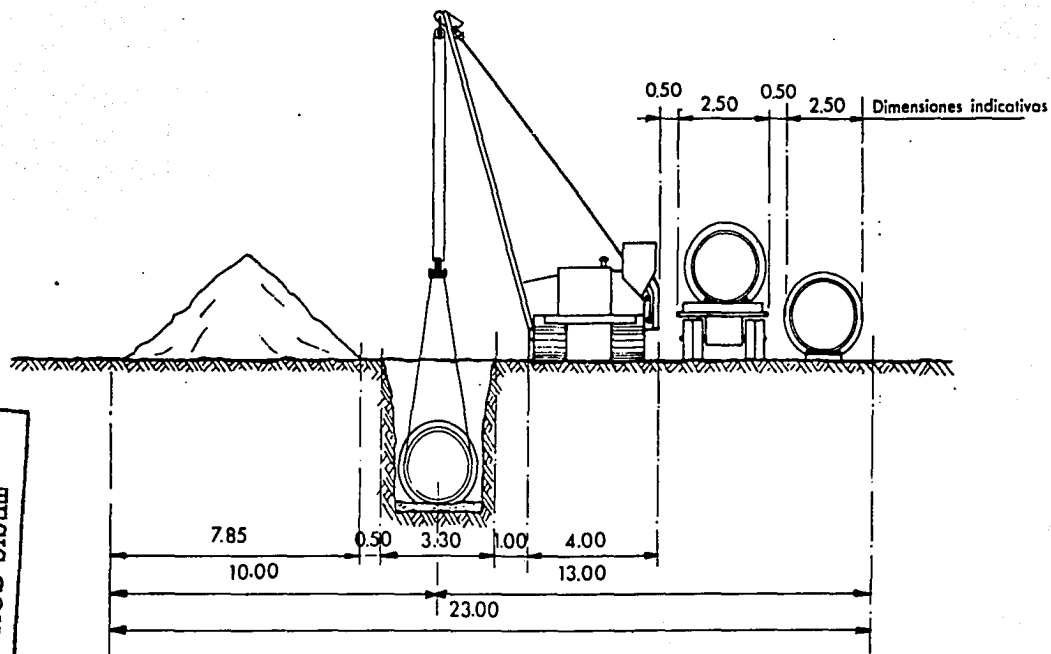
B) Instalación con Tractor-Pluma.

Debido al corto alcance de la pluma de este equipo y a la profundidad de la sanja, este sistema no es usado en tuberías de concreto de gran diámetro. Es recomendable, sin embargo, usar este tipo de gruas laterales en la instalación bajo cables de corriente eléctrica o 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, prescindiendo así del uso de camiones.

C) Instalación con Retroexcavadora.

Cuando el peso del tubo por instalar no sea demasiado grande, la-

### COLOCACION DE TUBOS $\phi$ 1800 mm.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



retro-excavadora es muy eficiente, ya que por su versatilidad la excavación e instalación se hacen con el mismo equipo.

Dependiendo del terreno en el que se está trabajando, la excavación y la instalación con retroexcavadora se puede hacer combinando los tiempos y los avances.

Si el material que se excavará es bueno y no existen amenazas de inundación en la zanja, es conveniente excavar por adelantado un tramo bastante largo para dar mayor velocidad a la excavación, ya que se puede ir tendiendo y nivelando la plantilla en el fondo de la zanja; pero si el terreno es flojo o con inundaciones en la zona, es de gran conveniencia excavar un tramo igual al del tubo que se va a instalar y, después de excavado y compactado el piso, se instala el tubo. Un bombeo regulado prevendrá la flotación de tubos por el exceso de agua.

#### D) Instalación con Marco.

Por lo regular, este sistema es usado en zonas donde se tiene poco avance en los frentes de instalación, ya sea por encontrar material difícil de excavar, nivel freático, falta de espacio para que transite la maquinaria, o por encontrarse en zonas urbanas - si el ancho de las calles por donde pasará la tubería es reducido; así, la excavación puede llevarse adelante sin causar problemas para la instalación, pues no es necesario esperar a que se excavase la cepa correspondiente a un tubo para poder instalarlo.

#### JUNTAS.-

Cualquiera que sea el tipo de tubo, las juntas (o terminales) de una línea de conducción pueden clasificarse:

1. Junta Normal (macho y campana), constituida por un anillo tórico --

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

de hule.

Es una junta flexible, capaz de soportar deflexiones angulares -- y lineales.

2. *Junta mecánica (similar a la Gibault) formada principalmente, por un anillo de hule oprimido por medio de tornillos sobre los extre mos de un barrilete metálico, si no está bloqueado, esta junta - permite desplazamientos axiales relativamente importantes.*
3. *Junta de Brida. Se usa exclusivamente para la unión a válvulas o tapas ciegas, está constituida por el aplazamiento de una rondana de hule entre dos bridas metálicas atornilladas. Es una junta ri gida.*

La preparación de la junta consta de las siguientes operaciones:

- *Selección y verificación del anillo señalado y marcado de acuerdo al código de conocimiento del instalador, quien debe disponer de:*
  - a) *Anillos extragruesos marcados +1 ó +2 según el espesor (1mm. ó 2-mm.)*
  - b) *De una liga de 1 ó 2 mm.*
- *Cuidadosa limpieza del extremo macho.*
- *Inserción del anillo en la ranura del extremo macho contra el res-paldo de concreto, debe quedar colocado a tensión uniforme.*
- *Lubricación de la parte exterior del anillo. La lubricación se ha ce con jabón vegetal ó con glicerina grafitada compuesta de:*
  - a) *1/3 parte de grafito natural (amorfo y puro).*
  - b) *2/3 partes de glicerina industrial.*

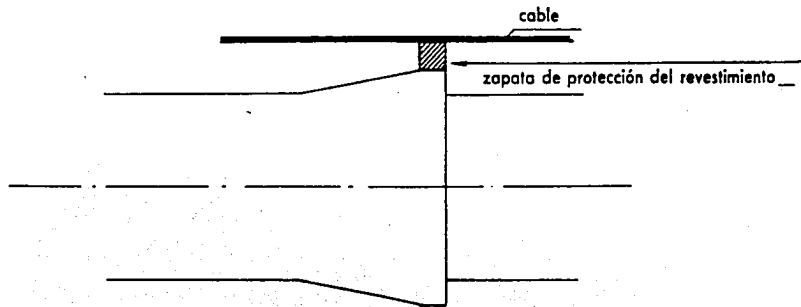
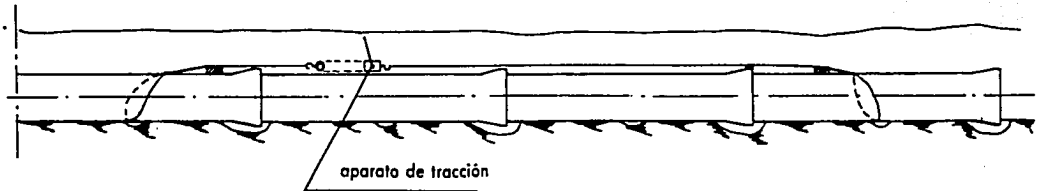
- Limpieza de la campana.
- Lubricación del enchufe hembra (campana)

La espiga del tubo a colocar debe estar alineada con la campana del-  
ya colocado, para ésto, se requiere de un dispositivo de tracción, que de-  
berá producir el esfuerzo necesario para el enchufe, que puede ser obteni-  
do por:

- Un gato hidráulico de doble efecto.
- Un tensor de cable.
- Polipasto de palanca.
- Poleas de engranes.

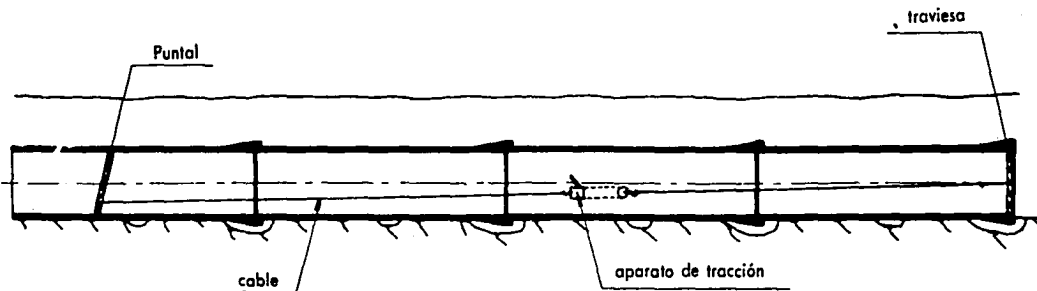
El dispositivo puede ser de cuerda ó cable simple o con aparejo de -  
poleas. Se usa exterior para los tubos de 0.90 mts. ó de menor diámetro.-  
En ambos casos, la reacción debe ser tomada sobre el tercero ó cuarto tu-  
bo hacia atrás del frente de colocación. Manteniendo los tubos alineados,  
el tubo se introduce lentamente hacia dentro, de modo que el anillo de hule  
salga de su ranura y se deslice rodando sobre la espiga y contra la campana  
na recibiendo una progresiva compresión entre las superficies. Entonces,  
se introduce hasta el fondo, el anillo debe correrse y comprimirse simul-  
táneamente en toda su circunferencia (sin haber habido arrastres o derrra-  
pes), recargándose en el hombro de la espiga. Este hombro, junto con el-

# ENCHUFADO DE TUBOS DISPOSITIVO DE TRACCION EXTERIOR

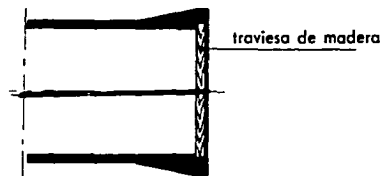
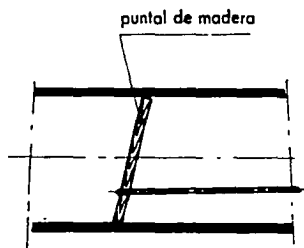


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ENCHUFADO DE TUBOS DISPOSITIVO DE TRACCION INTERIOR



- 53 -



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

empaques se perderán de vista dentro de la campana. Por el interior, se observará a los dos tubos unidos.

Se revisa la junta antes de montar el siguiente tubo, comprobando la nivelación y alineamiento. Además, con un calibrador, se verifica la posición del anillo de hule con respecto al hombro de la espiga.

Si la unión no es satisfactoria, desconectar los tubos y repetir la operación.

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

#### PENDIENTES.-

El trabajo más fácil para colocar el tubo consiste en que el progreso del tendido sea ascendente. De esta manera, el peso del tubo ayuda al enchufe: un tubo con pendiente máxima de 47% ha sido colocado en subida con ayuda de un tractor con grúa lateral.

Cuando el tendido progresa en descenso, las pendientes de hasta 12% (aproximadamente), no crean problemas si el fondo de la zanja no es resbaloso. Para pendientes mayores a 12%, hay que tomar precauciones especiales para anclar provisionalmente los tubos hasta la terminación del tendido del tramo faltante.

#### INCLINACION DEL PERFIL.-

Para el buen funcionamiento de una línea de conducción y para la evacuación del aire, la inclinación en el sentido de escurrimiento del agua debe ser:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- 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 su rigor sobre 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 versatilidad de movimiento de la conducción en la cual, esta flexibilidad es una cualidad esencial en terreno poco compresible.

**EN TERRENO POCO COMPRESIBLE**

**EN TERRENO MUY COMPRESIBLE**

| EN TERRENO POCO COMPRESIBLE                 |                      |                                 |                                    | EN TERRENO MUY COMPRESIBLE                    |                                 |                                     |
|---|----------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| Deflexión angular 2/3<br>Dímetro<br>Nominal | Deflexión<br>minutos | Abertura<br>de junta<br>"j" mm. | Desplaza-<br>miento -<br>lineal mm | Deflexión angular 1/2<br>Deflexión<br>minutos | Abertura<br>de junta<br>"j" mm. | Desplaza-<br>miento li-<br>neal mm. |
| 900   | 67'                  | 19                              | 136                                | 50'   | 14                              | 102                                 |
| 1000  | 63'                  | 20                              | 128                                | 48'   | 15                              | 98                                  |
| 1200  | 57'                  | 21                              | 116                                | 42'   | 16                              | 85                                  |
| 1400  | 60'                  | 25                              | 122                                | 45'   | 19                              | 92                                  |
| 1500  | 50'                  | 24                              | 101                                | 37'   | 17                              | 75                                  |
| 1800  | 40'                  | 22                              | 81                                 | 30'   | 17                              | 61                                  |
| 2100  | 40'                  | 25                              | 81                                 | 30'   | 19                              | 61                                  |
| 2100 *                                      | 40'                  | 25*                             | 58*                                | 30'*  | 19*                             | 44*                                 |
| 2300 *                                      | 33'                  | 23*                             | 48*                                | 25'*  | 18*                             | 36*                                 |
| 2500 *                                      | 33'                  | 25*                             | 48*                                | 25'*  | 19*                             | 36*                                 |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

NOTAS:

1. \* Tubos de 5.00 m. de longitud.
2. La columna "abertura de junta" se refiere al lado de máxima abertura, el lado contrario no deberá tener menos de 5 mm. de abertura.

JUEGO ENTRE TUBOS.-

Una junta ha quedado 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 colocador no debe tomar en cuenta el juego nominal que queda entre los tubos, que puede reducirse sin inconveniente a 5 mm. Por otro lado, el juego máximo debe dejar el anillo de hule suficientemente protegido en el interior del enchufe (campana).

El anillo de hule será reemplazado por un anillo super grueso coloca



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

do sobre una liga que cubra el fondo de la ranura del extremo macho cuando el juego alcanza el valor mínimo de 5 mm., antes del enchufe a tope.

#### PROTECCION DE LAS JUNTAS.-

Normalmente, el juego entre tubos de uno y otro lado del anillo de hule permanece estático sin relleno. Un retacado interior del espacio entre tubos se hará cuando las condiciones peculiares de colocación en pendiente lo requieran. Generalmente se utiliza un cordón de fibra impuntrescible:

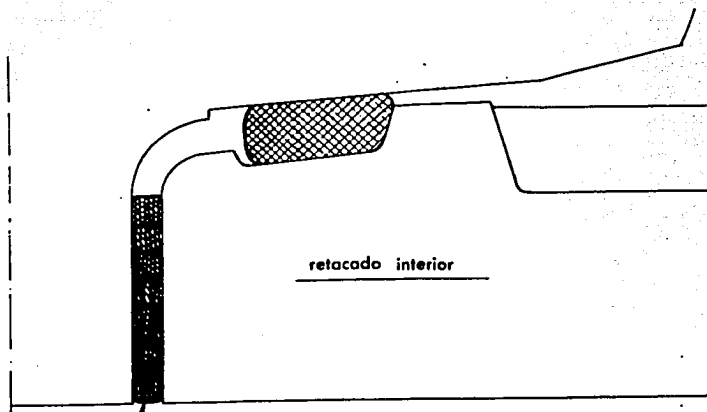
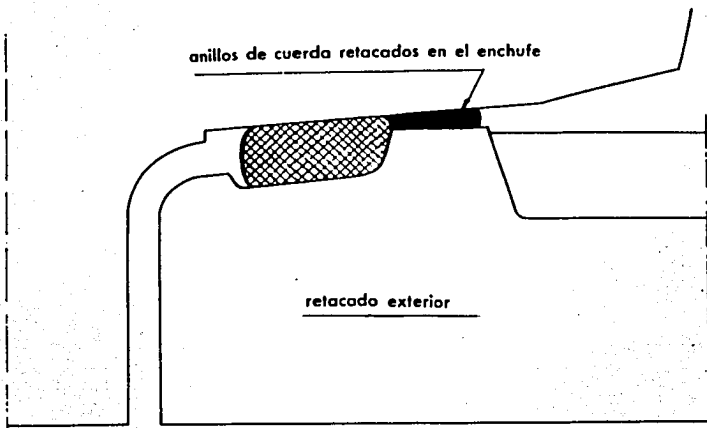
- Estopa alquitranada.
- Asbesto.

El retaque o calafateo del juego en el enchufe, (que es necesario hacerlo desde la ejecución del enchufe cuando las líneas de impulsión están sometidas a golpes de ariete que provocan un vacío en el interior de los tubos), actúa como filtro en relación con los elementos finos del relleno que podrían ser aspirados a causa del vacío y perjudicarían la estanqueidad de la junta. El retaque contribuye al centrado de la junta.

#### LIMPIEZA.-

Recordemos siempre que, toda clase de precauciones deben ser tomadas para evitar la acumulación de cuerpos extraños que ensucian el interior de la línea. Hay

### CALAFATEO DE JUNTAS



cuerdas de fibra (estopa alquitranada, asbesto)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

que hacer la limpieza conforme progresa la instalacion. Al final del día y para evitar que entren animales, la extremidad del tubo colocado se cerrará con tapa.

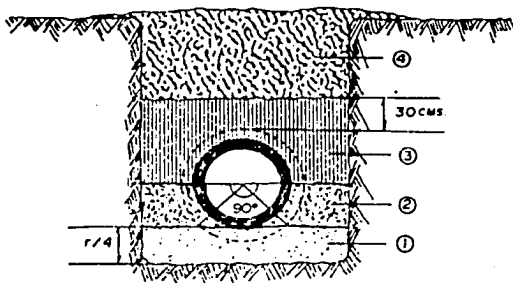
V- 4- 4) RELLENO.-

Una vez colocado el tubo, debe procederse, imperativamente y lo antes posible, al Relleno de Acostillado, que consiste en rellenar el espacio entre el tubo (sus costados) y la pared de la zanja, simultaneamente a ambos lados hasta cubrir 180°. Este relleno ha de hacerse con un material homogéneo, granular o debilmente coherente, cuidadosamente retacado-bajo el tubo y compactado en capas o rechazo en toda su altura (con la ayuda de medios mecánicos, como pisones neumáticos). Es recomendable efectuar ese relleno con balastro de piedra triturada o de cantos rodados; además, no es deseable limitar la dimensión de los elementos mas gruesos a menos de 6 cms.

La fase inmediata del relleno consiste en recubrir el tubo hasta 30 cms. por encima de la generatriz superior: Relleno Clasificado Compactado, es semejante al anterior en sus exigencias y se coloca compactado a los lados y sobre la corona del tubo.

El relleno se completa acabando de llenar la zanja con el material excavado no clasificado, poniendo especial interes en que esté libre de piedras grandes, lentes de arcilla, raices, etc. Este relleno no se compacta, pero si la línea de conducción atravesara una zona urbana, en donde hay que pavimentar, es necesario que se compacte todo el relleno. No han de usarse métodos mecanizados, sino hasta que tenga un colchón suficiente para proteger la tubería de los efectos dinámicos de peso e impacto.

Se evitará que los tubos lleguen a flotar, en el caso de que la lluvia inundara la excavación, rellenando tan pronto se termine la instala--



SECCION TRANSVERSAL DE LA ZANJA TIPO

1. *Plantilla granular compactada a 90% de la Prueba Próctor, a proximadamente 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: La plantilla y el acostillado conviene sean del mismo material.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*ción y antes de cargar la línea con agua.*

*Es muy recomendable no rellenar completamente la zanja, hasta después de haber probado la línea de conducción, para así, en caso de haber fuga de agua, darnos cuenta del error y repararlo lo antes posible.*

*En caso de época de lluvia, es necesario dejar un camellón.*

*Estos camellones estan 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 escurrimientos, los camellones se continuarán hasta cubrir dos o tres juntas.*

**V -5) LLENADO DE CONDUCCION.-**

*Es necesario insistir hasta el cansancio en las ventajas de llenar lenta y progresivamente la línea de conducción lo más pronto posible, inmediatamente de terminada la instalación, pues:*

- El concreto (parcialmente seco antes), una vez saturado de agua, recupera sus características mecánicas y de impermeabilidad.*
- El aire en la línea sale lenta y completamente.*
- La cama de apoyo, al ser cargada, se asienta progresivamente.*
- Se mejora la estabilidad de la conducción, en caso de inundación en la zanja.*
- Se puede descubrir fugas a tiempo.*
- Las pruebas pueden efectuarse en seguida reduciendo el lapso de recepción y puesta en servicio.*

Generalmente, el llenado no debe exceder el 6% del escurrimiento en la línea.

Vigilar que se trabaje con presiones iguales, pues no se debe abrir la válvula de paso en el seccionamiento hasta que el tramo que se está llenando tenga la misma presión que el contiguo, que ya está cargado.

V - 6) PRUEBAS HIDROSTATICAS.-

Prueba de la Línea por Tramos.-

Dependiendo de las características del tramo por probar las pruebas se pueden efectuar en muy diferentes condiciones de obra y equipo; éstas pueden ser:

- Conducciones totalmente terminadas y equipadas (válvulas de expulsión de aire, desfogues, seccionamientos, bombas y líneas para abastecimiento, atraques, medidores de presión).
- Conducción no equipada taponada intercaladamente.
- Tramos con tapones adaptados y atracados en las puntas de la conducción o entre válvulas de seccionamiento.
- Tuberías total o parcialmente cubiertas con relleno, aunque es preferible dejar siempre las juntas al descubierto.
- Conducciones totalmente equipadas.

El largo de las conducciones por probar es muy variable, ya que depende de las características de la tubería, por eso, es conveniente seccionar suficientemente para descubrir y reparar los eventuales defectos:

- Fugas en juntas.
- Atraques o anclajes insuficientes.
- Válvulas no herméticas.
- Cajas de válvulas defectuosas.

La medida usual en el largo de los tramos es entre 2 y 3 kms.

*Presión y Duración de la Prueba.* -

Es preciso tener en cuenta la distribución de las presiones y evitar someter algún tramo a presión superior de la que soporta.

Aunque la presión debe estar mencionada en el proyecto, es importante mencionar:

- La cantidad de concreto de las obras de atraques y anclajes se incrementa cuando una presión de prueba es más alta que la máxima presión de servicio.
- Determinar la presión de prueba multiplicando la presión de trabajo por una constante es irracional, pues el coeficiente de seguridad puede ser demasiado para los tubos de baja presión de trabajo e insuficiente para los tubos con presión de trabajo alta.

La prueba se realiza entonces en dos etapas ya bajo dos diferentes presiones:

1) Prueba de Estanqueidad de la Línea. -

Es una prueba de larga duración que se efectúa a presión estática, o sea, la más cercana posible de la presión máxima en régimen de escurrimiento permanente.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*Su objetivo es medir la cantidad de agua a inyectar en la conducción para mantener la presión constante. Normalmente dura veinticuatro horas y puede reducirse en el caso de una línea tapada a partir del momento don de la tasa de pérdidas se mantiene constante o regularmente decreciente.*

*Esta prueba no alcanza su plena significación si no se realiza des--pués de comprobar que:*

- *El concreto del tubo esté completamente saturado.*
- *La línea de conducción está purgada en forma total.*
- *La línea se mantuvo llena de una a tres semanas.*
- *La línea se llena en forma lenta.*

*La purga se hace a medida que el llenado alcanza los puntos altos de conducción, comprobando el buen funcionamiento de las cajas de válvulas y maniobrando las llaves de purga cuando dichas cajas es tán reemplazadas provisionalmente por salidas tubulares.*

**2) Prueba de Estabilidad de la Conducción.-**

*Es una prueba de poca duración a presión de trabajo lo más próxima - posible de la máxima de servicio, teniendo en cuenta las sobrepresiones - previstas para la operación normal de la línea en función de los equipos- de protección instalados.*

*La duración de esta prueba debe ser lo suficiente para permitir re--correr el tramo y comprobar su buen funcionamiento.*

**COLMATADO.-**

*Se llama colmatado al período de empape de agua sobre el concreto -*



parcialmente desecado, para hacerle volver lentamente a un período de saturación.

Para no sorprenderse de las cantidades de agua absorbidas por la línea en proceso de colmatado, se necesita precisar que el concreto, si estuviera completamente seco, se necesitaría una cantidad de agua igual al 6% de su peso (estando seco) para ser saturado de nuevo.

Deducimos entonces que, el concreto en proceso de colmatado puede absorber del orden del 1% del volumen de la línea.

#### PERMEABILIDAD.-

Aún terminado el colmatado, la presión de prueba provocaría una débil filtración que iría disminuyendo con el tiempo debido a que el concreto centrifugado, a pesar de su alta compacidad, presenta cierta permeabilidad.

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

- Una permeabilidad aparente de  $10^{-10}$  cm/s
- Una presión de prueba de  $10 \text{ Kg/cm}^2$  o  $10^4$  cm. de columna de agua.
- Una duración de 24 horas ó  $8.64 \times 10^4$  segundos.
- Un tramo de 1 kilómetro.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

De aquí la siguiente tabla de Permeabilidad por Km. de tubería, por un lapso de 24 horas.

| <u>SERIE</u>            |                         |                        | <u>NORMAL</u> |                        |  |                           |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------------|--|---------------------------|
| <i>Diámetro Nominal</i> | <i>Diámetro (D) cm.</i> | <i>Espesor (e) cm.</i> | <i>D/e</i>    | <i>Pérdida lt./Km.</i> | <i>Volumen Conductión m<sup>3</sup>/Km</i> | <i>Pérdidas/Volumen ‰</i> |
| 900                     | 92                      | 5.5                    | 16.73         | 452                    | 665  | 0.68                      |
| 1000                    | 102                     | 6.0                    | 17.00         | 459                    | 827  | 0.56                      |
| 1200                    | 122                     | 7.0                    | 17.42         | 470                    | 1167                                       | 0.40                      |
| 1400                    | 142                     | 8.0                    | 17.75         | 479                    | 1584                                       | 0.30                      |
| 1500                    | 152                     | 8.5                    | 17.88         | 483                    | 1815                                       | 0.27                      |
| 1800                    | 182                     | 10.0                   | 18.20         | 491                    | 2601                                       | 0.19                      |
| 2100                    | 212                     | 11.5                   | 18.43         | 498                    | 3530                                       | 0.24                      |
| 2300                    | 230                     | 16.5                   | 17.04         | 460                    | 4155                                       | 0.11                      |
| 2500                    | 250                     | 18.5                   | 17.24         | 465                    | 4909                                       | 0.10                      |

| <u>SERIE</u>            |                         |                        | <u>REFORZADA</u> |                        |   |                           |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|------------------------|---|---------------------------|
| <i>Diámetro Nominal</i> | <i>Diámetro (D) cm.</i> | <i>Espesor (e) cm.</i> | <i>D/e</i>       | <i>Pérdida lt./Km.</i> | <i>Volumen Conductión m<sup>3</sup>/Km.</i> | <i>Pérdidas/Volumen ‰</i> |
| 900                     | 90                      | 6.5                    | 13.85            | 374                    | 636   | 0.59                      |
| 1000                    | 100                     | 7.0                    | 14.28            | 386                    | 785   | 0.49                      |
| 1200                    | 120                     | 8.0                    | 15.00            | 405                    | 1130  | 0.35                      |
| 1400                    | 140                     | 9.0                    | 15.55            | 420                    | 1539  | 0.27                      |
| 1500                    | 150                     | 9.5                    | 15.79            | 426                    | 1767  | 0.24                      |
| 1800                    | 180                     | 11.0                   | 16.36            | 442                    | 2545  | 0.17                      |
| 2100                    | 210                     | 12.5                   | 15.80            | 454                    | 3464  | 0.13                      |
| 2300                    | 230                     | 13.5                   | 17.04            | 460                    |   |                           |
| 2500                    | 250                     | 14.5                   | 17.24            | 465                    |   |                           |

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**CRITERIO DE RECEPCION.-**

En el momento de la prueba de conducción, la pérdida registrada en 24 horas depende:

- Del grado de saturación.
- 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 |
| 900              | 665                                     | 636             |
| 1000             | 817                                     | 785             |
| 1200             | 1167                                    | 1130            |
| 1400             | 1584                                    | 1539            |
| 1500             | 1815                                    | 1767            |
| 1800             | 2601                                    | 2545            |
| 2100             | 3520                                    | 3464            |
| 2300             | 4155                                    |                 |
| 2500             | 4909                                    |                 |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Puede observarse que:

- Este criterio es más favorable a tubos de gran diámetro.
- Las pérdidas reales observadas después de la saturación 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.-

Una vez comprendido lo anterior, he aquí el procedimiento a seguir en la prueba de un tramo:

- Llenado tan lento como sea posible.
- Purga cuidadosa del aire.
- Lento levantamiento de la presión hasta la presión de Prueba de Estanqueidad; con examen de la conducción y atraques y medición oficiosa de pérdidas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- *Evaluación progresiva de la presión hasta la máxima de Prueba de Estabilidad.*
- *Prueba de Estabilidad, examinando el comportamiento de los atraques.*
- *Baja Lenta de la presión hasta presión de la Prueba de Estanqueidad.*
- *Prueba Oficial de Estanqueidad en 24 horas, manteniendo la presión y midiendo pérdidas.*
- *Recorrido de revisión de la línea.*

**MATERIAL USADO EN LAS PRUEBAS.-**

*Las tapas con que son obturados los extremos de la conducción son de placa de acero herméticas con salidas tubulares de llenado, de purga de aire y de salida de presión.*

*El llenado se completa por bomba o por conexión de una línea de presión existente, por los tapones de las extremidades o por conexión de una pieza tubular.*

*El puesto de prueba que se conectará a una pieza tubular en un punto fácilmente accesible de la conducción, contará esencialmente, con una bomba de alta presión y un dispositivo de medición.*

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### V-7- ATRAQUES.-

Para contrarrestar los empujes en las tuberías originados por las presiones de prueba y las normales de trabajo, se usan los "atraques", - que son construcciones de concreto y se colocan en los puntos en que se originan empujes como:

- Puntas muertas (como tapas ciegas, válvulas, terminales y tees).
- Cambios de dirección horizontales y verticales.
- Cambios de sección.

Las dimensiones de los atraques dependen de las características de resistencia de los terrenos en que se apoyan. Se les da una forma piramidal, debido a que la parte que se apoya en el terreno es la que nos proporciona el área que contrarreste el empuje, según sea la resistencia del terreno, y la parte que se apoya en la conexión no debe cubrir las bridas de ésta.

En resumen, el tamaño y diseño de los atraques dependerá de:

- La presión de trabajo de la línea.
- El diámetro de la tubería.
- La resistencia del suelo y tipo de pieza especial.

He aquí los tipos más comunes de atraques, sin embargo, es importante consultar al Ingeniero de diseño de línea, y así obtener sus instrucciones sobre tamaño, diseño y posición del atraque.

Los valores de los empujes se calculan como sigue:

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$F$  = empuje en Kgs.

$p$  = presión interna en  $\text{Kg/cm}^2$ .

$S$  = sección interna del tubo en  $\text{cm}^2$ .

$s$  = sección interna del tubo menor (en reducciones) en  $\text{cm}^2$ .

$B$  = valor de la desviación (en codos) en grados  $C$ .

$f$  = empuje de cada atraque (en reducciones) en Kg.

$\angle$  = ángulo en el vértice (proyectado) del cono (en reducción) en gr.

$P$  = peso total de la sección de conducción situada entre dos bloques de anclaje.

$\varphi$  = ángulo de inclinación (en pendientes verticales) en grados  $C$ .

Las áreas de los atraques se calculan de acuerdo con la resistencia del terreno en que se apoyan:

$$A = \frac{F}{t}$$

$A$  = área de apoyo del atraque en  $\text{cm}^2$ .

$F$  = valor del empuje en Kg.

$t$  = resistencia del terreno en  $\text{Kg/cm}^2$ .

Con valor enunciativo, damos las resistencias de algunos terrenos:

|   |                            |
|---|----------------------------|
| arenosos: arenas de mediana a alta compacidad, cementadas | 3 a 4 $\text{Kg/cm}^2$     |
| arenas de mediana a alta capacidad, no cementadas         | 1.5 a 3 $\text{Kg/cm}^2$   |
| arenas de baja compacidad                                 | 0.4 a 0.8 $\text{Kg/cm}^2$ |
| limosos: limos de mediana a alta compacidad               | 0.8 a 1.2 $\text{Kg/cm}^2$ |
| limos de baja compacidad                                  | 0.3 a 0.5 $\text{Kg/cm}^2$ |
| arcillosos: arcillas compactadas                          | 0.5 a 1 $\text{Kg/cm}^2$   |

La gráfica adjunta nos resuelve la fórmula que se aplica para conocer el empuje que se origina por la desviación de la conducción y también se -

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

indica en ella el caso de puntas muertas. En el lado derecho nos resuelve el valor de las áreas de los atraques, una vez obtenido el valor del empuje en la gráfica de la izquierda y de acuerdo con la resistencia del terreno en que se construirá el atraque.

Los valores de los diámetros que deben considerarse para el cálculo, están consignados en la lámina I y serán como sigue:

Para codos: el diámetro interior del tubo.

Para puntas muertas: el diámetro exterior del tubo.

Ejemplo:

Diámetro nominal del Tubo = 1.20 m.;  $\phi$  interior (D): 1.22 m.

Desviación ( $\alpha$ ) =  $22^{\circ}30'$ .

Presión interna (p) =  $10 \text{ Kg/cm}^2$

Resistencia del terreno =  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$

Con estos datos encontramos primero el valor del empuje (F):

En la escala A, de presiones localizamos el valor y trazamos una línea hasta el valor 1.22 en la escala A de diámetros.

Localizamos el valor  $22^{\circ}30'$  en la escala B' de desviaciones y pasamos una línea sobre el punto en que cruzó la línea anterior con la escala de soporte. Si prolongando esta línea hasta cruzar con la escala B de empujes, encontramos el valor de: 54 600 Kgs., trazamos una horizontal hacia la gráfica de la derecha hasta encontrar la diagonal correspondiente a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia del terreno y bajamos una perpendicular hasta el eje de las abscisas y obtenemos el valor del área del atraque:  $3.5 \text{ m}^2$ .

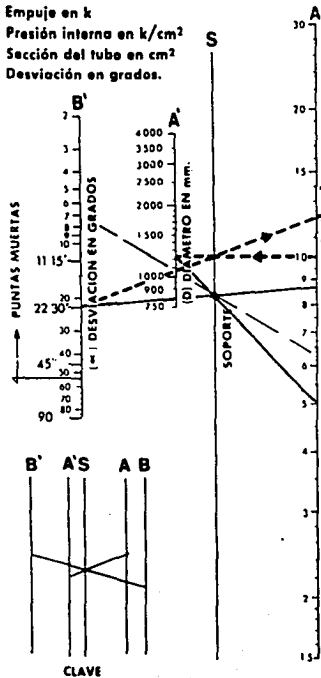


# ATRAQUES.

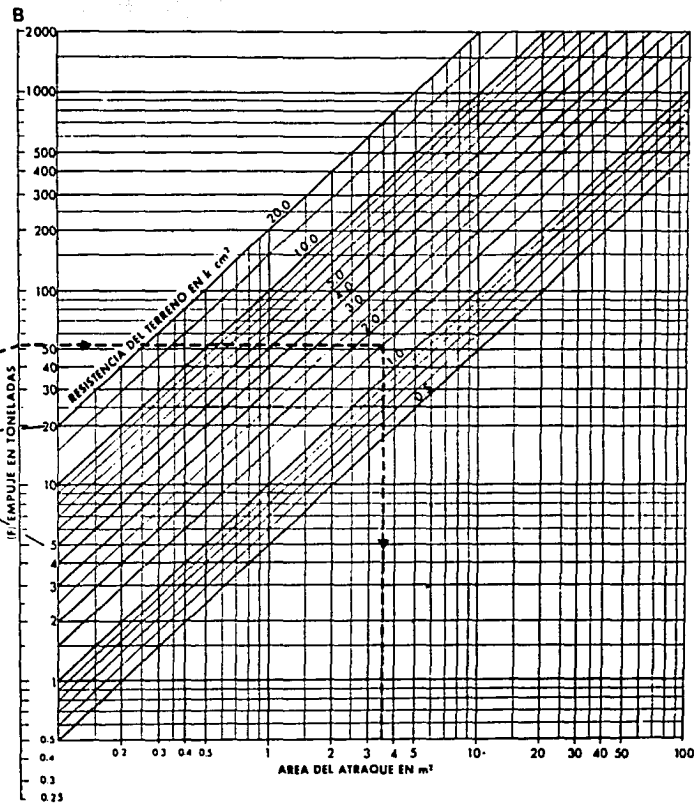
EMPUJE EN LOS CODOS SEGUN SU GRADO DE DESVIACION Y EL Ø DE LA TUBERIA

F-2p S Senos/ 2

- F- Empuje en k
- P- Presión interna en k/cm<sup>2</sup>
- S- Sección del tubo en cm<sup>2</sup>
- α - Desviación en grados.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



V-8- *INSTALACION CASOS ESPECIALES.-*

*Instalacion en Pendientes Fuertes.-*

*La colocación sobre pendiente importante se hace a partir de la parte baja sobre cama de piedra triturada.*

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

| <i>Pendiente<br/>Terreno %</i> | <i>A</i>   | <i>B</i>   |
|--------------------------------|------------|------------|
| <i>15-19</i>                   | <i>1/4</i> | <i>1/3</i> |
| <i>20-24</i>                   | <i>1/3</i> | <i>1/2</i> |
| <i>25-29</i>                   | <i>1/2</i> | <i>1/1</i> |
| <i>30</i>                      | <i>1/1</i> | <i>1/1</i> |

*La indicación 1/3 mencionada 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-*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

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.

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-

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

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.

**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.

**Tubos Sumergidos.-**

Los tubos que atraviesen ríos o cauces deben ser protegidos contra socavones:

- Ahogados en concreto cuando el terreno es rocoso o muy firme y estable.
- Por ataguías en terrenos 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.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Debe consignarse que la confección del concreto de envolvente por el procedimiento COLCRETE (inyección de mortero emulsionado en un 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 un atraque ó anclaje.*
- *Atravesando un muro de caja de válvulas, registros o desfogues.*
- *Extremidad de una línea contra un atraque temporal.*

*Conexiones con Obras de Arte.-*

*Una obra tal como pasadizo o cajas de válvulas, etc., constituye un punto duro de la línea.*

*Cuando la conducción pasa de la obra fija a un terreno susceptible de deformación, conviene asegurar una flexibilidad progresiva del apoyo de los tubos.*

*Casos análogos pueden presentarse en las uniones:*

- zanja - tanque.
- zanja - caja de válvulas.
- zanja - galería
- zanja en escombros - represa

*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.*

*A título indicativo damos dos ejemplos de ejecución de las obras más usuales:*

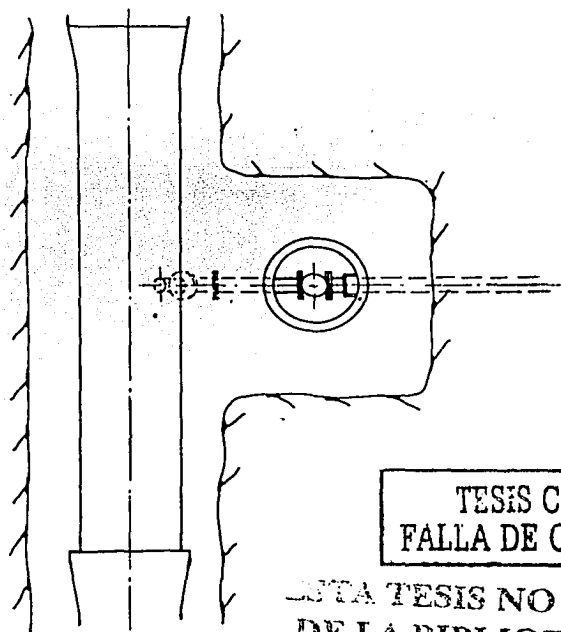
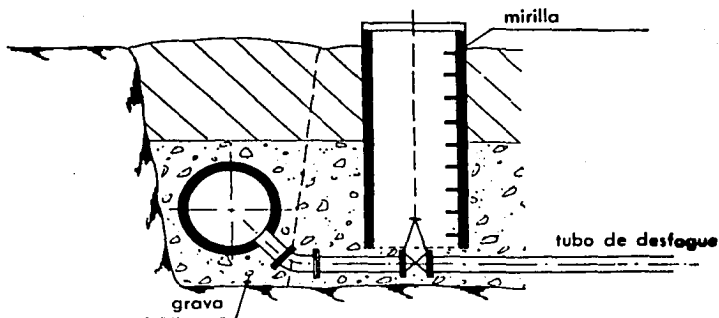
- Caja de válvulas.
- Caja de desfogue.

*Juntas Mecánicas.-*

*La fijación sin precauciones de una junta mecánica puede acercar los dos elementos que une y provocar el desenchufe de las juntas adyacentes.*

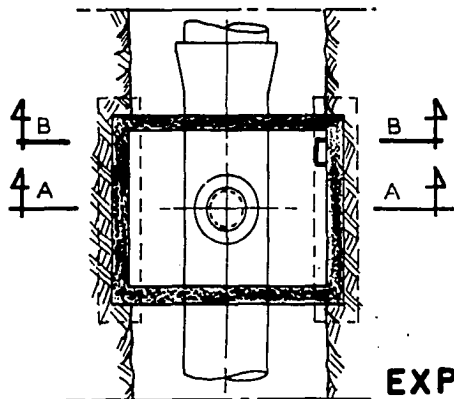
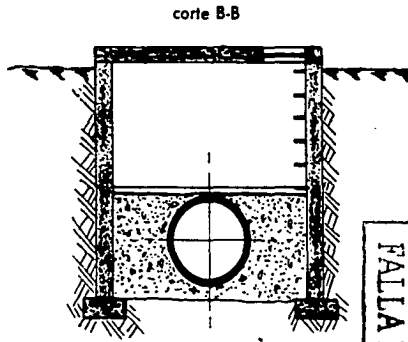
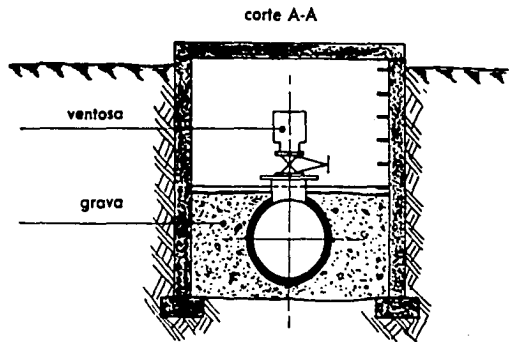
*En servicio, una junta mecánica recibe, en general, un empuje hi-*

### DESFOGUE



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CAJA DE VALVULAS DE  
EXPULSION Y REPULSION DE AIRE



*drúlico inferior al empuje sobre una junta. Un elemento tubular comprendido entre una junta y una junta mecánica tiene pues una tendencia a desplazarse.*

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

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E M A V I

C O N C L U S I O N E S

*Esta Tesis describe todo lo que se refiere a la tubería desde sus aspectos teóricos como prácticos, que van a intervenir en la fabricación e instalación del tubo, ya que de ello dependerá el correcto funcionamiento del mismo.*

*No quise abarcar el tema de diseño estructural por ser este secreto exclusivo de cada compañía fabricante.*

*Sin embargo, en este capítulo quiero recalcar la importancia de conocer los alcances que tiene la Ingeniería Hidráulica en la utilización de tuberías de concreto pretensado de gran diámetro para Agua Potable.*

*Primero tenemos que saber que se pueden construir tuberías de acero y de asbesto cemento hasta un diámetro igual que los de concreto pretensado, pero para saber cual es la más conveniente a utilizar, hay que hacer un estudio del terreno, conocer ampliamente las ventajas de cada tubería, además, un estudio de cual es la que existe en el mercado y a un menor costo.*

*El principal problema que destruye a las tuberías es la corrosión, la cual es un fenómeno electroquímico conocido por todos como oxidación.*

*Este fenómeno se realiza en terrenos de características físico -- químicas heterogéneas; ataca directamente al acero, y si nosotros no tenemos el cuidado necesario, puede también atacar los tubos de concreto pretensado, primero penetra a través del mortero de recubrimiento, afectando después el acero de presfuerzo circunferencial de dichos tubos.*

*Para que no suceda esto, además de proteger el tubo con el recubrimiento de mortero, existe la protección catódica que consiste en la producción de un largo potencial negativo en todos los puntos sobre la superficie del acero de presfuerzo circunferencial obligando al mismo a convertirse en un cátodo, a lo largo de toda su longitud, emitiendo electrones a todos los puntos. De este modo sólo pueden ocurrir reacciones catódicas en la superficie del acero, previniendo completamente la corrosión, y los esfuerzos de corrosión, ya que éstos son procesos exclusivamente anódicos. Al aplicar la protección catódica al acero de presfuerzo, éste como hemos comentado, se convierte en un cátodo, emitiendo electrones, por lo cual, aumenta el "pH" adyacente al acero, evitando por ello la corrosión del mismo.*

*Mencionaré algunas de las principales conducciones de Agua Potable que existen en México donde se han colocado tuberías de concreto pretensado.*

ACUEDUCTO CUTZAMALA - AREA METROPOLITANA, CD. DE MEXICO.

Siendo este el más importante por su gran capacidad de diseño  $24 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y que logra cubrir la demanda que existe en el Area Metropolitana para el año 2000. Está constituido con dos líneas paralelas con longitud aproximada de 120 Km. con un diámetro de 2.50 m. de tubería de concreto presforzado.

ACUEDUCTO LINARES - MONTERREY.

Al igual que el de la Zona Metropolitana de México, para solucionar el problema de la demanda de la ciudad de Monterrey, se hizo el Acueducto Linares-Monterrey en su primera etapa, que permitirá incrementar en  $5 \text{ m}^3/\text{seg.}$  - el caudal disponible para Monterrey, lo cual asegura satisfacer la demanda-hasta 1991. Este gasto, más los  $6.4 \text{ m}^3/\text{seg.}$  ya disponibles y el incremento que se proporcionará con la segunda etapa, elevará la oferta a  $16 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , -suficientes para cubrir la demanda en el año 2000.

La longitud del acueducto es de 133 Km., se utilizaron dos líneas paralelas de concreto presforzado con un diámetro de 2.10 m., instalándose 115-Km. de longitud, con un gasto de diseño de  $12 \text{ m}^3/\text{seg.}$

ACUEDUCTO RIO COLORADO - TIJUANA.

Este Acueducto además de cubrir las demandas de la ciudad de Tijuana - con una capacidad de diseño de  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , se aprovechó para generar energía eléctrica y compensar a Baja California durante las horas de mayor consumo.

Este Acueducto tiene una longitud de 123 Km., se utilizó tubería de concreto presforzado con un diámetro variable desde 1.37 m. hasta 1.83 m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*PROYECTOS EXISTENTES:*

*ACUEDUCTO LAGO DE CHAPALA GUADALAJARA.*

*ACUEDUCTO TECOLUTLA - Para el Area Metropolitana de México.*

*ACUEDUCTOS PARA LAS SIGUIENTES ZONAS INDUSTRIALES:*

*Distrito Industrial Marítimo Altamira, Tamps.*

*Río Uspanapa, La Cangrejera, Veracruz - Zona Industrial Pajaritos.*

*Distrito Industrial Marítimo Lázaro Cárdenas, Mich.*

BIBLIOGRAFIA

- \* *Hidráulica General.- Autor Gilberto Sotelo Avila.  
Editorial LIMUSA*
- \* *Hidráulica y Construcciones Hidráulicas.- Autor A.Schäfer  
Editorial LABOR*
- \* *Manual TEPSA*
- \* *Manual COMECOP*
- \* *Manual LOOK JOINT.*
- \* *UNITED CONCRETE PIPE CORPORATION*
- \* *AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION*
- \* *NORMAS OFICIALES MEXICANAS.*
- \* *Especificaciones Generales de Construcción para los Sistemas  
de Agua Potable y Alcantarillado de S.A.H.O.P.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN